農業試驗所特刊第130號

作物蟲害
之非農藥防治技術

行政院農業委員會農業試驗所　出版

中華民國九十七年十一月　二刷

作物蟲害之非農藥防治技術

行政院農業委員會農業試驗所　出版

中華民國九十六年八月

序

人類在進行農業耕作時，以生產高產量以及高品質的收穫物為目標，以期得到最大的生產利益；然而於此過程中，也要顧及各種操作方法對環境的長期影響，各項農耕行為皆以不破壞環境生態，能永續性的經營與利用自然資源為考量。為了自然生態環境的維護，我們須較以往更審慎的施用各項害蟲防治方法，研究發展安全、低毒的害蟲防治是必然的趨勢。

有許多防治方法，可以達到抑制農作物害蟲的目的，其中一些方法曾經在台灣使用過，而且證明效果良好。例如藉由害蟲與天敵間食物鏈的循環，抑制蟲害的發生；利用天然材料所含有之除蟲成分毒殺或干擾害蟲行為；選育栽種具有抗蟲特性的作物品種；利用物理方式製造對於害蟲誘引或忌避的效果；在作物栽培時則可配合利用一些特定資材及調整耕作方式，以減少害蟲的發生；這些都是安全無毒害的防蟲方法，可利用於減少蟲害造成的損失。

本書分為九章，分別就捕食性與寄生性天敵、天然防蟲物質、性費落蒙與其它害蟲誘引物質、作物抗蟲品種、栽培管理技術與栽培環境等加以介紹，書中亦介紹利用溫度、光線以及改善儲藏環境等防治倉庫害蟲，並介紹抗蟲基因轉殖植物之研發以及國內外相關研究之進展，兼具縱向與橫向的系統性整理。希望藉由本書一些顯著的事例，，使讀者對這類農作物害蟲防治方法與技術，有所認識與瞭解，建立起對非農藥防治害蟲技術的重視。

行政院農業委員會農業試驗所

所長

中華民國九十六年八月

作物蟲害之非農藥防治技術

目 錄

一、 利用天敵防治作物害蟲------------------------- 王清玲　邱一中　1

二、 天然防蟲物質-- 余志儒　陳炳輝　19

三、 誘引物質在害蟲防治上之利用--------------- 陳健忠　董耀仁　29

四、 昆蟲性費洛蒙在害蟲防治之應用----------- 高靜華　鄭　允　39

五、 作物抗蟲品種的開發與利用 ----------------- 鄭清煥　黃守宏　57

六、 栽培管理在蟲害綜合防治上之應用 ------------------- 張淑貞　71

七、 作物栽培環境與害蟲發生及防治之關係------------ 吳子淦　81

八、 倉庫害蟲之非農藥防治------------------------- 姚美吉　李啟陽　87

九、 抗蟲基因轉殖作物之研發 ---------------------------------- 林鳳琪　95

利用天敵防治作物害蟲

王清玲　邱一中

利用天敵防治作物害蟲就是生物防治，這裡的天敵泛指自然界中各種生物。適當的利用生物防治能降低農藥的使用量，減少環境污染，並抑制害蟲發生，避免因蟲害而影響農產品的產量與品質。目前害蟲生物防治常用的素材，可分為天敵昆蟲與蟎類以及具致病力的微生物類。昆蟲與蟎類依其作用方式可分為寄生性天敵與捕食性天敵；微生物類通常又分為真菌類、細菌類、病毒類及線蟲類。

天敵種類很多，在不同地區的不同作物上，會因環境條件不同而顯示抑制害蟲能力的差異性，因此在農作上的可利用性便會不同。本文主要介紹數種以往在台灣有實際應用成功例子的天敵，以及在台灣被認為具有發展潛力而研究成果較多的天敵，以供作生物防治利用之參考。

壹、昆蟲與蟎類

利用天敵昆蟲與蟎類防治害蟲或害蟎的研究，在台灣一直深受重視。害蟲天敵種類調查屬於基礎性的研究，經由長期的採集、分類鑑定、標本保存等工作，建立台灣天敵昆蟲資源的豐富資料；遇有重大而難防治的害蟲發生時，曾有自國外引進天敵釋放的情形，其中數例均有令人滿意的結果；對於本地產天敵則著重在天敵的大量繁殖、儲運及釋放應用等技術的研究，期能逐步使多種天敵昆蟲配合害蟲綜合管理技術於田間實際應用。

I. 寄生性天敵

本文所列舉的可可椰子紅胸葉蟲之蛹寄生釉小蜂與柑橘木蝨的亮腹釉小蜂均是自外國引進的寄生蜂，經過檢疫程序後，於試驗室內做基本的飼養繁殖，然後將寄生蜂釋放於田間害蟲發生處。釋放後的寄生蜂自行生存繁衍，並且因為覓尋寄主而逐漸擴散。新天敵的存在使寄主密度受到限制，經過一段時間寄生蜂終能與寄主達到生態上的平衡，使寄主不再肆無限制的大發生。

蔗螟赤眼卵蜂與玉米螟赤眼卵蜂、小菜蛾寄生蜂、東方蚜小蜂都是本地種天敵，在環境中自然生存的密度低。但是都具有某些寄生特性，而且有量產技術，只要以人為方式快速的增殖，短時間內累積相當數量，然後大量釋放至田間，即可達階段性壓抑害蟲密度之目的。

一、可可椰子紅胸葉蟲之蛹寄生釉小蜂

可可椰子紅胸葉蟲(*Brontispa longissima* (Gestro))原產於南太平洋島嶼，1975 年侵入台灣，首先發生於高屏地區，後迅速由南向北蔓延，並擴散至東部，成為可可椰子最重要害蟲。因椰樹高大施藥困難，且許多種植於魚塭附近，不適合使用藥劑防治，故積極發展生物防治之研究工作。1983 年自關島引進蛹寄生釉小蜂(*Tetrastichus brontispae* Ferriere)，於 1984 年分批釋放於高屏地區，首先在南部立足後繼續又擴大在屏東、台東、花蓮釋放並評估成效，最後更釋放至嘉義、雲林及台北(邱等, 1985; 陳, 1992)。釉小蜂在各地區釋放後都能立足，且能自行分散，在釉小蜂的寄生防治之下，可可椰子已經恢復了往日生機，為近年來台灣害蟲生物防治最具成效的案例之一。

二、柑橘木蝨寄生蜂

柑橘木蝨(*Diaphorina citri* Kuwayama)是柑橘和作為綠籬之月橘上常見的害蟲，且是柑桔立枯病的媒介昆蟲。台灣的柑橘木蝨寄生性天敵只有紅腹跳小蜂(*Diaphorencyrtus diaphorinae* (Lin and Tao))一 種，捕食性天敵則有草蛉、瓢蟲及椿象等 4 種，但重要性均不及紅腹跳小蜂。紅腹跳小蜂缺點是重複寄生蜂種類多，達 11 種，且該蜂被寄生率高(25-51%)，加上在一年之中發生期晚於木蝨的發生盛期，抑制能力大打折扣(錢等, 1991)。

於 1983~1986 年分四次自法屬留尼旺島(Reunion)引進亮腹釉小蜂(*Tamarixia radiate* (Waterston))，經檢疫後於室內繁衍增殖，於1984~1988 年分別在農業試驗所之柑桔園以及 13 縣市之 39 處月橘綠籬上釋放，使該蜂迅速在台灣全島立足。亮腹釉小蜂在月橘綠籬上寄生木蝨的效果顯著，2-4 月間對木蝨之寄生率可達 80-99.7%，顯著壓抑木蝨族群之增長(錢等, 1988；1997)。

三、赤眼卵蜂

台灣於 1910 年即發現蔗螟赤眼卵蜂(*Trichogramma chilonis* Ishii)生存在甘蔗田內，可寄生於黃螟(*Tetramoera schistaceana* Snellen)、二點螟 (*Chilotraea infuscatella* (Snellen)) 及條螟 (*Proceras venosatus* Walker)。1957~1976 年間，以外米綴蛾(*Corcyra cephalonica* Stainton) 的卵為代用寄主，大量繁殖蔗螟赤眼卵蜂，釋放於旗山、岸內、屏東等糖廠所屬的蔗田防治甘蔗螟蟲，調查顯示釋放區之螟卵被寄生率提高，同時幼蔗枯心率及原料莖節間螟害率均降低(陳, 1963, 1973；鄭等, 1978；鄭, 1986, 1997)。因此 1979 年台灣糖業公司於新營區設置蔗螟赤眼卵蜂繁殖中心，進一步將本蜂推廣應用於契約蔗田，釋放面積最高曾達到五萬六千餘公頃，防治效果良好。

另一種在台灣利用的赤眼卵蜂為玉米螟赤眼卵蜂(*Trichogramma ostriniae* Pang and Chen)，為台灣玉米主要害蟲－亞洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* (Gueńee))的優勢天敵(邱&陳, 1986)。1984 年在農委會策劃及台糖公司協助下，以蔗螟赤眼卵蜂的飼養技術及釋放經驗，在玉米一期作時大面積釋放玉米螟赤眼卵蜂，並配合藥劑使用防治亞洲玉米螟。根據花蓮區農業改良場 1984 年研究報告指出，1983 年秋作釋放蜂片後，於收穫期調查被害株率比施藥區減少 19.3%，被害果率則減少 5.7% (蘇, 1984)。另外，台灣糖業試驗所 1984~1991 年之七作甜玉米田釋放玉米螟赤眼卵蜂綜合防治玉米螟的試驗，探討釋放玉米螟赤眼卵蜂及噴施蘇力菌抑制玉米螟之可行性，除 1991 年春作外，其他六作之鮮果穗產量在 4.79-9.23 公噸之間，每株僅採獲 0.01-1.27 隻玉米螟幼蟲，似能達到生產無農藥污染之食用甜玉米之目的，顯示釋放玉米螟赤眼卵蜂防治亞洲玉米螟具有一定的成效(鄭等, 1995)。

四、小菜蛾寄生蜂

小菜蛾(*Plutella xylostella* (L.))為十字花科蔬菜重要害蟲，由於施用化學藥劑頻繁，使該害蟲對各類藥劑產生高度的抗藥性，藥劑防治無法徹底解決小菜蛾的問題，因此生物防治技術很受重視。小菜蛾寄生

性天敵逾 42 屬 126 種，有許多值得開發利用於生物防治(錢&邱, 1985)。農業試驗研究單位自 1960 年代起，即積極研究小菜蛾寄生性天敵－小菜蛾小繭蜂(*Apantels plutellae* Kurdjumov)之利用，在 1970 年左右曾大量繁殖後釋放至士林、西螺及楠梓之蔬菜示範田(邱等，1974)，但是受限於大量繁殖技術，無法推廣應用。

本地種小繭蜂科之菜蛾絨繭蜂(*Cotesia plutellae* (Kurdjumov))在低海拔地區有相當高之寄生率，田間應用評估發現，由溫網室及開放田間釋放菜蛾絨繭蜂，完全不施藥及選用毒性較低藥劑之試驗區，均可有效壓制小菜蛾，惟其他害蟲仍需使用藥劑進行防治。彎尾姬蜂 (*Diadegma semiclausum* Hellen)為小菜蛾幼蟲寄生蜂，1985 年由亞洲蔬菜研究發展中心(AVRDC)自印尼引進，1986 年於武陵地區釋放成蜂，1988 年調查顯示已在當地立足(Talekar *et al*., 1992)。雙緣姬蜂(*Diadromus collaris* Gravenhorst) (圖 1)，係原產於歐洲之小菜蛾蛹寄生蜂，1966 年在台北即有記錄。上述之菜蛾絨繭蜂、彎尾姬蜂及雙緣姬蜂，已建立大量飼養技術的建立，可提供釋放防治小菜蛾(高&鄭, 2002)。

圖 1. 室內大量繁殖出來的雙緣姬蜂。

五、粉蝨寄生蜂－東方蚜小蜂

銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring)於 1990 年間，首先發現在台灣的盆栽聖誕紅上嚴重發生，後來擴散蔓延全台，受害的作物廣泛，雖然針對銀葉粉蝨已經篩選數種防治有效之藥劑，但該蟲繁殖潛能大且易產生抗藥性，若單以殺蟲藥劑防治銀葉粉蝨，很難達到防治效果，故國內外均積極開發以生物防治為主之綜合防治技術。據調查在台灣發現 11 種天敵(周等, 1999)，其中以東方蚜小蜂(*Eretmocerus orientalis* Silvestri) 發生最為普遍(周&林, 1993) (圖 2)。

東方蚜小蜂體型細小，對粉蝨 1- 4 齡若蟲皆具產卵寄生的能力(林等, 2002)。東方蚜小蜂在成蟲期會以產卵管刺破粉蝨若蟲取食溢出的體液，因此除寄生外，亦有捕食防治的能力(林, 1999)。除已開發研究室內繁殖技術外，並開發田間大面積應用防治銀葉粉蝨之技術。

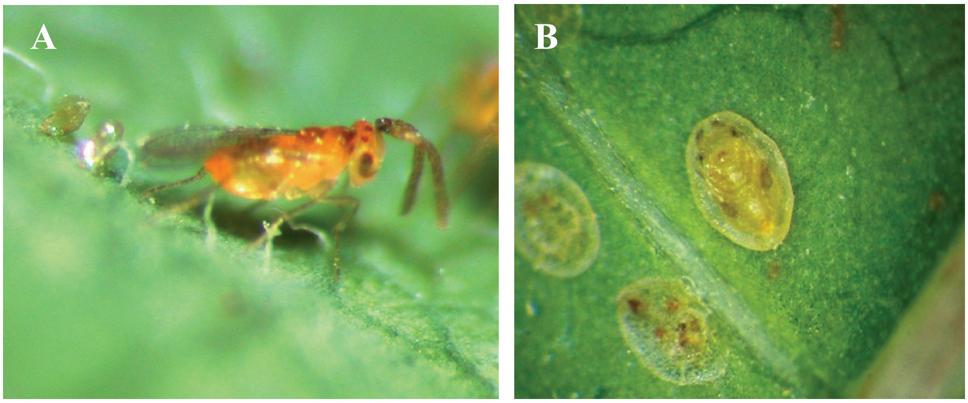


圖 2. 東方蚜小蜂可寄生粉蝨若蟲，壓制粉蝨的危害。
A. 東方蚜小蜂成蟲；B. 被寄生的粉蝨若蟲。

II. 捕食性天敵

本文所述捕食性昆蟲中澳洲瓢蟲屬於引進種，由於自身的習性能融入本地環境，經過初期的釋放後就自行繁衍，長期與寄主共存。其餘數種捕食性昆蟲與捕植蟎類，無論本地種或是引進種，均需要先大量繁殖，然後釋放田間，通常經過一段時間天敵密度就會逐漸降低，恢復其原本之平衡密度，此時如需防治就要再次釋放。

一、瓢蟲

1. 澳洲瓢蟲(*Rodolia cardinalis* Mulsant)－吹綿介殼蟲(*Icerya purchasi* Maskell)，原產於澳洲，可能於 1902 年後隨進口植栽侵入台灣。此害蟲寄主植物多達 30 科 76 種，尤其對柑橘類及相思樹構成嚴重的威脅。素木得一博士於 1909 年，由紐西蘭引進澳洲瓢蟲，經大量繁殖釋放後，很快的在台灣田間立足，並與台灣原產的小紅瓢蟲(*Rodolia pumlia* Weise)共同控制吹綿介殼蟲密度，此後吹綿介殼蟲的密度完全被控制，效果極為顯著(邱, 1966；陶, 1966；羅&陶, 1966)。

2. 大十三星瓢蟲(*Synonycha grandis* (Thunberg))－甘蔗棉蚜(*Ceratovacuna Ianigera* Zehntner)是甘蔗主要害蟲之一，其天敵種類包括瓢蟲、食蚜虻、草蛉等多種，但其中最重要的本土性天敵是大十三星瓢蟲。糖研所當時開發大十三星瓢蟲的繁殖流程，以孵化出的瓢蟲幼蟲或成蟲釋放於甘蔗田，防治效果甚佳(邱, 1966；潘, 1966)。

3. 錨紋瓢蟲(*Lemnia biglagiata* Swartz)－錨紋瓢蟲是菜園及果樹栽培區常見的捕食性瓢蟲，幼蟲及成蟲以桃蚜(*Myzus persicae* (Sulzer))為主食，亦能捕食綿蚜(*Aphis gossypii* Glover)、捲葉蚜(*Aphis citricola* van der Goot)、菜蚜(*Brevicoryne brassicae* (Linnaeus))及玉米蚜(*Rhopalosiphum maidis* Fitch)等，在溫度 27℃的條件下飼育，完成一世代約 21-25 天，較其他種類瓢蟲的生活史短。各蟲期均可進行釋放防治蚜蟲，因已經研發出錨紋瓢蟲的人工飼料(圖 3)，往後該蟲的應用性勢必更為提高(余&陳, 2002)。

圖 3. 利用人工飼料進行錨紋瓢蟲飼養，提高其應用價值。

二、草蛉

目前台灣研究用於生物防治的草蛉種類皆取材於本土，研究較詳細為基徵草蛉(*Mallada basalis* (Walker))和安平草蛉(*M. boninensis* (Navas))。草蛉的食性較雜，容易人為大量飼養，過去以外米綴蛾(*Corcyra cephalonica* (Stainton))卵飼養草蛉幼蟲，但生產成本高。因此農業試驗所研發完成微膠囊人工卵的飼養技術(圖 4)，可進行草蛉的量產，同時亦研發草蛉的冷藏及運輸技術(李, 1999)。不論基徵草蛉或安平草蛉，均可應用在作物上防治各種害蟲和害蟎，如在柑橘之芽期釋放草蛉，可有效防治芽期害蟲如柑橘潛葉蛾(*Phyllocnistis citrella* Stainton)、柑橘木蝨、蚜蟲、粉介殼蟲及柑橘葉蟎(*Panonychus citri* McGregor)等(吳, 1992; 1995)。在木瓜上釋放，可有效抑制神澤葉蟎(*Tetranychus kanzawai* Kishida)之危害，另為害印度棗的柑橘葉蟎，是兩種草蛉最喜歡捕食的對象，試驗成效卓著，可大面積應用(羅, 1997)。為害草莓的二點葉蟎(*Tetranychus urticae* Koch)，雖非草蛉所喜愛捕食的對象，但仍會捕食達抑制葉蟎之目的(章&黃, 1995)。玫瑰的二點葉蟎是最嚴重的問題，經試驗釋放草蛉幼蟲，可達滿意的防治效果，尤其在溫室的效果更佳(羅, 1997)。

圖 4. 飼以微膠囊人工卵的草蛉幼蟲。

三、小黑花椿象

小黑花椿象(*Orius strigicollis* (Poppius))為薊馬類之有效捕食性天敵，亦可捕食粉蝨、葉蟎、蝶蛾卵、蚜蟲等小型害蟲。本種椿象捕食能力強，個體雖小但活動力甚強，可鑽入植物花苞及嫩芽縫隙間捕食藏匿

的薊馬，於穩定的環境條件下，每隻椿象在若蟲與成蟲共約一個月的壽命中可捕食薊馬 230-300 隻或葉蟎 500-600 隻，是極具潛力的天敵，可作為害蟲生物防治之用(圖 5) (王, 1994; Wang, 1998)。農業試驗所與台南區農業改良場朴子分場合作。已建立大量繁殖南方小黑花椿象的基礎技術。田間釋放小黑花椿象防治小型害蟲時，可同時配合使用黃色或藍色黏板，或是同時釋放其它捕食性或寄生性的天敵，彼此互相彌補不足之處，使多種害蟲同時被控制(王, 1999; Wang *et al*, 2001)。

圖 5. 小黑花椿象已建立簡易繁殖技術供田間利用防除薊馬等小型害蟲。

四、黄斑粗喙椿象

黄斑粗喙椿象(*Eocanthecona furcellata* (Wolff))普遍發生於臺灣之園特產作物，捕食範圍甚為廣泛，主要以鱗翅目為主，另有鞘翅目、膜翅目、半翅目等 40 種以上之幼蟲，因此應用於生物防治上害蟲潛力無窮。對鱗翅類幼蟲之捕食能力強，尤其對蔬菜主要害蟲紋白蝶及斜紋夜盜等捕食效果甚佳。雌成蟲在 25℃時，每日捕食紋白蝶幼蟲 4.5 隻(章, 2001)。苗栗區農業改良場自 1996 年起致力於黄斑粗喙椿象大量飼養及應用，利用改良式的簡易飼育法，已推廣田間大量飼育該蟲，同時釋放於田間防治甜菜夜蛾、斜紋夜盜、紋白蝶(章, 2002)。

五、捕植蟎

對於葉蟎類之生物防治，本地種或是自國外引進的捕植蟎均受到重視，台灣本地常見之具有捕食害蟎及害蟲能力之捕植蟎，包括

卵形捕植蟎(*Amblyseius ovalis* (Evans))、溫氏捕植蟎(*A. womersleyi* (Schicha))及多齒捕植蟎(*A. multidentatus* (Swirski & Shechter))。在1980 年代農業試驗所與中興大學昆蟲系均進行釋放溫氏捕植蟎防治桑樹、楊桃、草莓等作物之研究，證實於神澤葉蟎或二點葉蟎發生初期釋放溫氏捕植蟎，且釋放天敵數量與害蟎的數量比例恰當時，經過一段時間即可以壓抑害蟎密度，防治效果令人滿意(羅等, 1984; Shih, 1985; 施&王, 2002)。

農業試驗所自 1983 年後，陸續引進若干外來捕植蟎種類，大量釋放於網室木瓜、草莓、溫帶梨樹、印度棗、茶園及玫瑰上，結果顯示智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot))與法拉斯捕植蟎(*Amblyseius fallacies* (Garman))可以抑制二點葉蟎與神澤葉蟎之危害(羅等, 1986；羅, 1988；羅&陳, 1995；Lo *et al*., 1990)。同時也研發建立捕植蟎的大量繁殖流程，利用溫室與養蟲室的設備，大量生產捕植蟎(圖 6)。

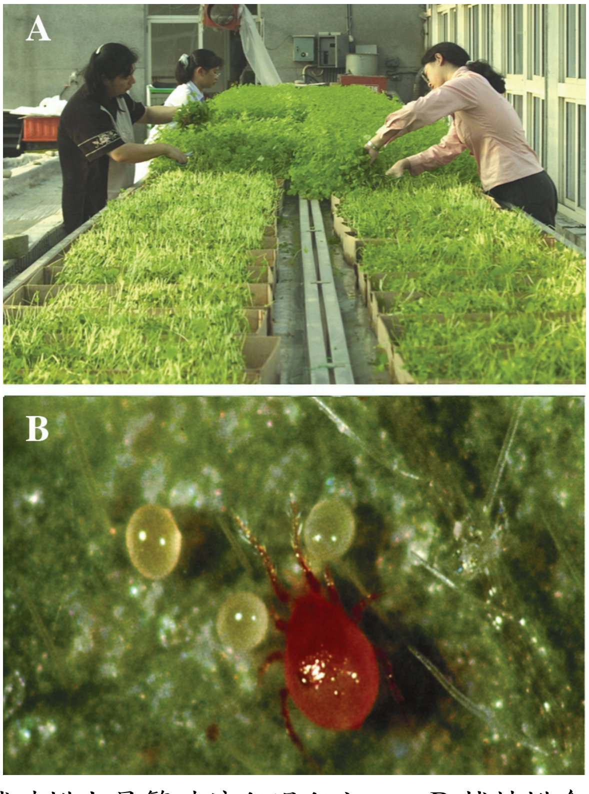


圖 6.　A.捕殖蟎大量繁殖流程過程之一。B.捕植蟎食取害蟎的卵。

貳、微生物類

可應用於害蟲防治的微生物天敵種類甚多，各自針對不同對象，適用的昆蟲對象範圍廣泛。寄生昆蟲的微生物寄主專一性高，具有對人畜無害之特性。此外製成的產品使用方便、與昆蟲天敵相較，其產製品更具有便於儲存、運輸等優點。在應用上，除考慮對寄主的寄生效果與田間表現外，製劑是否可以量產也是一項重要的決定因子。近年來由於生物技術領域的研發，微生物天敵可以配合基因工程等技術的發展，期能突破以往技術性的限制，提升微生物製劑的利用性與發展性。

I. 真菌

蟲生真菌一般是經由風力或其他力量的帶動、遷移芽生孢子或分生孢子，使具感受性的昆蟲接觸到孢子。孢子附著到寄主蟲體後，吸收空氣中或蟲體上的水份開始萌芽、侵入蟲體。受到真菌孢子感染的昆蟲，會出現食慾降低、萎靡無力的現象，終至僵化乾枯。

國外已有不少以真菌類作為材料，生產上市之生物藥劑產品，用於防治鱗翅目幼蟲、甲蟲、粉蝨、蚜蟲、椿象等。台灣用於研發生物防治的重要種類有黑殭菌、白殭菌、綠殭菌等。

一、黑殭菌

黑殭菌(*Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin)可寄生在鱗翅目、鞘翅目、直翅目、半翅目及雙翅目等昆蟲體上。1914 年曾由三宅勉氏從夏威夷引進台灣，防治蔗龜(*Alissonotum impressicolle* Arrow)，後黑殭菌普遍發現感染於本地金龜子、螟蟲等(邱, 1966)。由於黑殭菌的寄主專一性較低，黑殭菌對斑飛蝨(*Laodelphax striatellus* (Fallen)) (李&侯, 1989)、亞洲玉米螟(邱, 1989)、甜菜夜蛾(高和蔡, 1989；林和呂, 1991) 均具防治潛力，田間試驗發現黑殭菌對這些昆蟲具有高致病力，有發展成為生物農藥之潛力。利用田間收集之感染黑殭菌的病蟲，將蟲屍磨細加水泡成孢子懸浮液，可以噴佈防治甜菜夜蛾及可可椰子紅胸葉蟲(陳&張, 2001)。

二、白殭菌

主要為球孢白殭菌(*Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin)與布氏白殭菌(*B. brongniartii* (Saccardo) Petch)，寄主範圍廣泛，研究與應用較多。在台灣早期曾以白殭菌來防治香蕉假莖象鼻蟲(*Odoiporus longicollis* Olivier) (李, 1959)，後來研究以不同菌系白殭菌防治甘藷蟻象 (*Cylas formicarius* (Fabricius))(蘇, 1991)，研究白殭菌對甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* (Hübner))及亞洲玉米螟之效果(邱, 1989)。目前證實白殭菌對亞洲棕櫚象鼻蟲(*Rhabdoscelus lineatocollis* (Heller))亦有防治效果，施用 14 天後，其致病力可達 100% (陳, 2001)。

三、綠殭菌

綠殭菌(*Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson)寄主以鱗翅目昆蟲為主，尤其對夜蛾科幼蟲之致病力最強，亦可感染鞘翅目昆蟲。實驗指出綠殭菌對斜紋夜蛾及甜菜夜蛾有高致病力，具有防治潛力(高&蔡, 1989)。用綠殭菌防治毛豆夜蛾類害蟲時，有高達 90%之致死率(台南改良場, 2004)。

II. 細菌

有數種芽胞桿菌科(Bacillaceae)桿菌屬(*Bacillus*) 的細菌可用於害蟲生物防治，其中又以蘇力菌(*B. thuringiensis* Berliner)應用較廣。蘇力菌為好氣性革蘭氏陽性桿菌，其殺蟲活性主要來自於芽胞形成期產生的伴胞晶體蛋白，此結晶蛋白具毒性。毒素晶體於昆蟲腸道中在高鹼性腸液和蛋白質分解酶的作用下，被分解成原毒素(protoxin)，再活化變成毒素。這些具有活性的毒素和昆蟲中腸的腸壁上皮細胞結合，使細胞被破壞，造成昆蟲腸道溶解，中毒的昆蟲停止攝食而死亡。

蘇力菌依其不同品系而有專一之防治對象，其中應用最為廣泛的為蘇力菌克氏變種(*B. thuringiensis* var. *kurstaki*, 簡稱 Btk)，目前大部分商業化產品均由 Btk 製成。目前台灣使用的蘇力菌製劑，都針對鱗翅目幼蟲，有不同公司出產的商品，在田間已經廣泛使用，效果良好，是微生物製劑中應用最成功的一類(圖 7)。

圖 7. 用於防治鱗翅目幼蟲的蘇力菌商品。

III. 病毒

具生物防治潛力的昆蟲病毒，以桿狀病毒科(Baculovirus)與呼腸弧病毒科(Reoviridae)最受重視。桿狀病毒在寄主腸道釋出病毒粒子，感染脂肪體、表皮層、氣管皮膜及神經鞘等，在其細胞核複製新的病毒粒子。呼腸弧病毒科的細胞質多角體病毒，則主要感染寄主的中腸的上皮細胞，其病毒粒子則是在寄主的細胞質中增殖。

由於病毒必須在動物活組織內方能生長繁殖，因此欲大量生產病毒製劑比較困難。傳統靠大量養蟲以繁殖病毒的方式甚不經濟，近期則發展培養昆蟲細胞株，接種病毒後製成產品的方式，企圖改善量產技術。

一、核多角體病毒

屬於桿狀病毒科，核多角體病毒(*Nucleopolyhedrovirus*, NPV)為雙鏈 DNA 病毒，是應用性最高的病毒(圖 8)。在台灣則曾經推廣用於防治青蔥甜菜夜蛾(*S. exigua* (Hübner))，可以使藏身於蔥管內而無法以一般藥劑防治的幼蟲因染病而死亡(高等, 1991)。此外，對於近年危害中部防風林與多種果樹的黑角舞蛾(*Lymantria xylina* Swinhoe)，因一年一代，發生時期集中且幼蟲自然感染核多角體病毒的致病率高，亦是具應用潛力的生物防治因子(猶等, 1997; 趙, 2002)。

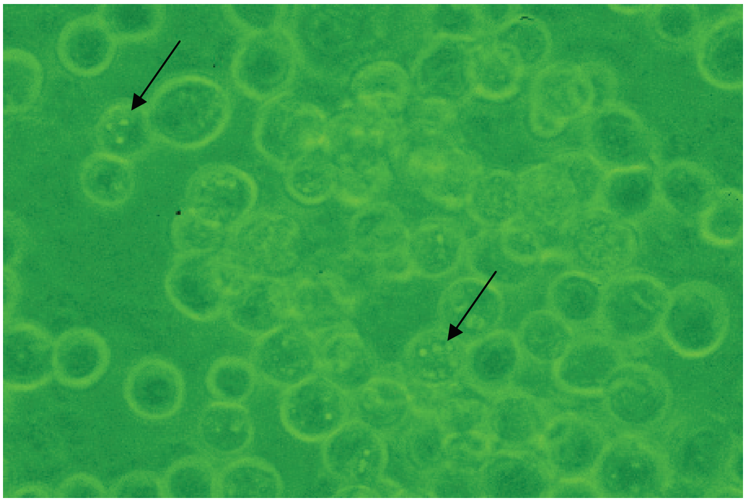


圖 8. 斜紋夜蛾核多角體病毒(*S. litura Nucleopolyhedrovirus*, *Sl* NPV)感染的斜紋夜蛾細胞株。箭頭所指為病毒在細胞中之結晶。

二、顆粒體病毒

屬於桿狀病毒科，顆粒體病毒(*Granulovirus*, GV)為雙鏈 DNA 病毒。1980-90 年高雄區農改場曾進行多項田間效果試驗，自本地罹病蟲體分離出 GV，試用於防治十字花科蔬菜的紋白蝶(*Pieris rapae crucivora* Boisduval)、小菜蛾均有防治效果，並且優於單獨使用蘇力菌，並且效果可以比蘇力菌多持續 2 週。上兩種 GV 再混合斜紋夜蛾 NPV 後，即可同時防治此三種害蟲(蘇, 1985, 1988, 1989, 1991)。

三、細胞質多角體病毒

屬於呼腸弧病毒科，細胞質多角體病毒(*Cypovirus*, CPV)為雙鏈 RNA 病毒。台灣最著名的例子是 1967-1970 年間曾發生松毛蟲(*Dendrolimus punctatus* Walker)嚴重為害松樹，當時引進日本分離的松毛蟲 CPV 作為防治之用，之後更配合蘇力菌及蟲生真菌(*Isaria* sp.)，分別施用以防治年發生三代的松毛蟲，使松毛蟲不再猖獗。惟本例當時並非田間試驗，而是直接用於森林防治害蟲，缺少施用 CPV 前後之效果追蹤評估與數據資料，松毛蟲急遽減少到底是 CPV 的效果，還是其它環境因素影響，則無法肯定。

IV. 蟲生線蟲

生物防治上研究較多蟲生線蟲(entomopathogenic nematode, EPN)為斯氏線蟲科(Steinernematidae)及異小杆線蟲科(Heterorhaditidae)。生活史包含卵期、幼蟲期及成蟲期，其中幼蟲期的三齡幼蟲行自由生活，此時的幼蟲由原本寄主排出體外，在環境中找尋下一個寄主，因此三齡幼蟲是生物防治主要利用的一個時期。這二科線蟲腸內並帶有共生菌，光桿菌(*Photorhabdus spp.*)與異小桿線蟲共生，而嗜線蟲桿菌(*Xenorhabdus* spp.)則是與斯氏線蟲共生(謝等, 2004)。當線蟲侵入昆蟲體內時，存在於線蟲腸道中的共生菌隨即釋出進入昆蟲血體腔繁殖，並對寄主昆蟲釋出毒素，可以殺死害蟲，使之兼具寄生性及病原性，故可利用性高。

台灣於 1970 年代初期引進 *Steinernema feltiae* (DD-136) (朱&金, 1975)，到 1980 年代末期又自美國引進 *S. carpocapsae*，對於蔬菜害蟲夜蛾類、小菜蛾、黃條葉蚤以及甘蔗害蟲等之致病性，以及其量產、製劑、儲存等，有較多的相關研究(侯&蕭, 1997; 蕭, 2001)。適當的線蟲品系對寄主昆蟲有高致病力，對於其它生物皆無致病性，而且寄主昆蟲不易產生抗性，加以可於 24-48 小時內殺死寄主，以及可利用人工固體或液體培養基大量生產等特點，又可長期儲存，因此具有應用開發的潛力。

結語

生物防治一直是諸多害蟲防治方法中效果顯著且極具重要性的一種，生物防治方法的開發、研究與應用一向是害蟲防治的重要項目，由於長期研究努力累積的成果，生物防治技術不斷的在進步中。當前台灣的農業正朝向安全、精緻、永續之路發展，而病蟲害之防治方法是否適當，具有關鍵性的影響。過去台灣在利用天敵昆蟲的生物防治上，有顯著的成果，如何使天敵的利用與發展更為快速、寬廣及有效，正是需要繼續努力的目標。

參考文獻

王清玲。1994。南黃薊馬天敵：中華斑腿盲椿象與曹氏小黑花椿象之捕食能力。植保會刊 36: 141-154。

王清玲。1999。小黑花椿象。台灣省農業試驗所特刊第 80 號 生物防治天敵研究和利用介紹 17-24。

台南區農業改良場。2004。農業環境改良-植物保護。行政院農業委員會 台南區農業改良場 93 年業務年報: 53-62。

朱耀沂、金小安。1975。寄生性線蟲 DD-136 的生活史與大量繁殖。植保會刊 17：121-132。

李幼成。1959。利用白殭菌(*Beauveria bassiana* (Bals) Vuill.)治香蕉假莖象鼻蟲之初步觀察。植保會報 1：3-10。

李平全、侯豊男。1989。黑殭菌對斑飛蝨的病原性。中華昆蟲 9：13-19。

李文台。1999。草蛉的飼養與應用。台灣省農業試驗所特刊第 80 號 生物防治天敵研究和利用介紹 11-16。

何琦琛、羅幹成。1992。葉蟎之生物防治技術。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 15-29。

余志儒、陳炳輝。2002。錨紋瓢蟲的飼養。台灣昆蟲特刊第 3 號 農作物害蟲與害蟎生物防治研討會專刊 193-201。

吳子淦。1992。以基徵草蛉防治柑橘葉蟎之可行性探討。中華昆蟲 12: 81-89。

吳子淦。1995。以基徵草蛉及選擇殺蟎劑綜合防治柑橘潛葉蛾、柑橘葉蟎及柑橘銹蟎。中華昆蟲 15: 113-123。

邱文杞。1989。蘇力菌、白殭菌及黑殭菌對亞洲玉米螟之防治。國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 60 頁。

邱瑞珍。1966。台灣農作物害蟲之生物防治。台灣植物保護工作昆蟲篇。劉廷慰先生六十歲紀念文集: 11-22。

邱瑞珍、錢景秦、張良傳、周根清、裘曙舟。1974。小菜蛾寄生小繭蜂之大量繁殖與田間釋放。中華農業研究。23: 48-59。

邱瑞珍、賴博永、陳炳輝、陳仁昭、蕭榮福。1985。可可椰子紅胸葉蟲寄生蜂(*Tetrastichus brontispae*) 之引進繁殖與釋放試驗。台灣農業研究 34：213-222。

邱瑞珍、陳健忠。1986。臺灣亞洲玉米螟之生物防治。植保會刊 28: 23-30。

林鳳琪。1999。東方蚜小蜂。台灣省農業試驗所特刊第 80 號。生物防治天敵研究和利用介紹 43-48。

林鳳琪、王清玲、謝再添。2002。東方蚜小蜂之室內繁殖與應用。台灣昆蟲特刊第 3 號。農作物害蟲與害蟎生物防治研討會專刊 119-131。

林慶元、呂文通。1991。利用蟲生真菌(黑殭菌)防治青蔥甜菜夜蛾。花蓮區研究彙報 7: 127-130。

周樑鎰、林鳳琪。1993。在台灣煙草粉蝨寄生蜂之紀錄。中華昆蟲 13: 265-267。

周樑鎰、蘇怡秀、周根清、柯俊成。1999。台灣產寄生粉蝨之恩蚜小蜂記要(膜翅目：蚜小蜂科)。中華昆蟲 19: 331-341。

施劍鎣、王前智。2002。釋放溫室捕植蟎生物防治楊桃(*Amblyseius womersleyi*)及草莓二點葉蟎(*Tetranychuis urticae*)。農作物害蟲與害蟎生物防治研討會專刊：59-80。

侯豐男。2000。害蟲微生物防治。225-239。應用昆蟲學。國立台灣大學昆蟲學系出版。401 頁。

侯豐男、蕭文鳳。1997。蟲生線蟲在農業上之應用。中華特刊第 10 號。昆蟲生態及生物防治研討會專刊 10: 145-160。

高清文、蔡勇勝。1989。利用蟲生真菌防治甜菜夜蛾。中華昆蟲特刊第 4 號。第一屆蟎蜱學研討會 4: 214-225。

高靜華、鄭允。2002。小菜蛾寄生蜂之量產技術及田間應用研究。台灣昆蟲特刊第 3 號 農作物害蟲與害蟎生物防治研討會專刊 133-145。

高穗生、黃莉欣、夏維泰。1991。核多角體病毒添加展著劑對甜菜夜蛾幼蟲致病效果之影響。中華昆蟲 11:330-334。

章加寶。1997。天敵昆蟲草蛉在有機農業害蟲防治上的利用。有機農業科技成果研討會專刊 135-147。台中區農業改良場編印。

章加寶。2002。黃斑粗喙椿象 (*Eocanthecona furcellata*) 大量飼養與應用。台灣昆蟲特刊第 3 號 農作物害蟲與害蟎生物防治研討會專刊 175-181。

章家寶、黃勝泉。1995。釋放徵草蛉防治草莓園葉蟎之效益評估。植保會刊 37: 41-58。

章加寶、謝豐國。2001。黃斑粗喙椿象（Eocanthecona furcellata (Wolff) (Hemiptera：Pentatomidae)）對數種食餌捕食量測定。台灣昆蟲。21:257-267。

陳仁昭。1992。可可椰子紅胸葉蟲生物防治。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 31-41。

陳文雄、張煥英。2001。有機栽培蔬果之害蟲防治技術。台南區農業改良場技術專刊 111: 1-18。

陳金壁。1963。論應用土產赤眼卵寄生蜂輸入天敵防治甘蔗螟蟲之效果。中華農學會報 新 44: 1-8。

陳金壁。1973。臺灣以益蟲防治甘蔗害蟲之研究結果及其應用。科學發展月刊 1 (3): 10-15。

陳明昭。2001。亞洲棕櫚象鼻蟲之生活史及生態研究。高雄區農業改良場研究彙報 13: 10-19。

陳炳輝、羅幹成。1991。台灣害蟲與害蟎之生物防治。近年來台灣昆蟲學之研究發展研討會專刊 126-136。

陶家駒。1966。柑橘害蟲。台灣植物保護工作昆蟲篇 137-188。

猶建中、高懷心、王重雄*、趙榮台、陸聲山。1997。黑角舞蛾核多角體病毒之特性及體外增殖系統之建立。中華昆蟲 17：11-22。

趙榮台。2002。邁向黑角舞蛾的綜合防治。農政與農情 122: 81-84。

鄭文義。1986。在臺灣對蔗螟赤眼卵蜂及應用於防治蔗螟之研究。植保會刊 28: 41-58。

鄭文義。1997。赤眼卵蜂在台灣之利用。中華昆蟲特刊第 10 號 昆蟲生態及生物防治研討會專刊 131-142。

鄭文義、王瑞圖、陳先明。1995。甜玉米田內亞洲玉米螟生物防治試驗。。台灣糖業研究所研究彙報 148: 11-29。

鄭文義、蘇宗宏、江炳輝、楊文煜、余丁壽、洪相信、洪榮款。1978。在台灣大量釋放赤眼卵寄生蜂防治甘蔗螟蟲之成效。台灣糖業研究所研究彙報 80: 21-36。

潘榮松。1966。甘蔗害蟲。台灣植物保護工作昆蟲篇 235-241。

謝奉家、林宗俊、曾瑞堂、高穗生。2004。兼具殺蟲與抗菌作用吃線蟲共生細菌-光桿菌。植保會刊：46：163-172。

蕭文鳳。2001。蟲生線蟲在農林害蟲管理上之應用。跨世紀台灣昆蟲學研究之進展研討會論文集：95-114。國立自然科博館印行。

錢景秦。1997。寄生蜂之寄生策略與防治效果之關係。中華昆蟲特刊第 10 號: 91-118。

錢景秦、邱瑞珍。1985。小菜蛾幼蟲寄生蜂(*Apanteles plutellae*)之重複寄生蜂。中華農業研究 34: 341-351。

錢景秦、邱瑞珍、古琇芷。1988。柑橘木蝨之生物防治 I.亮腹釉小蜂 (*Tamarixia radiata*) 之引進繁殖與釋放試驗。中華農業研究 37: 430-439。

錢景秦、朱耀沂、古琇芷。1991。柑橘木蝨之生物防治 II. 亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂對柑橘木蝨之防治效果評估。中華昆蟲。11: 25-38。

羅幹成。1988。果樹葉蟎之綜合防治。中華昆蟲特刊第 2 號 61-70。

羅幹成。1996。利用益蟎防治害蟲 (蟎) 之潛力。植物保護學會會刊 38: 99-110。

羅幹成。1997。捕食性天敵在台灣的利用與展望。中華昆蟲特刊第 10 號: 57-64。

羅幹成、陶家駒。1966。台灣柑橘吹綿介殼蟲之天敵。中華農業研究 15: 52-56。

羅幹成、陳秋男。1995。台灣農作害蟲防治近二十年之進展。植物保護學會會刊 37: 357-380。

羅幹成、曾信光、何琦琛。1984。草莓葉蟎生物防治 (I)。中華農業研究 33: 406-417。

羅幹成、何琦琛、吳子淦、林香如。1986。溫帶梨樹葉蟎類棲群動態及綜合防治之研究。農學團體 75 年聯合年會特刊：98-111。

蘇先平。1984。花蓮地區釋放赤眼卵寄生蜂防治玉米螟試驗結果初報。花蓮區農業推廣簡訊 1: 4。

蘇智勇。1985。顆粒體病毒田間防治紋白蝶之評估。中華昆蟲 5: 37-40。

蘇智勇。1988。利用顆粒體病毒防治小菜蛾。中華昆蟲 8: 161-163

蘇智勇。1989。利用昆蟲病毒防治十字花科蔬菜的三種鱗翅目害蟲。中華昆蟲 9: 189-196。

蘇智勇。1991。白殭菌防治甘藷蟻象。中華昆蟲 11: 162-168。

蘇智勇。1991。利用顆粒體病毒及蘇力菌防治小菜蛾及紋白蝶田間試驗。中華昆蟲 11：174-178。

Lo, K. C., W. T. Lee, T. K. Wu, and C. C. Ho. 1990. Use of predators to control spider mites (Acarina: Tetranchidae) in the Republic of China on Taiwan. Proc. Intern. Seminar “The use of parasites and predators to control agricultural pests”. FFTC Book series No. 40: 166-178.

Shih, T. C. I. 1985. Biological control of mulberry spider mites, *Tetranychus kanzawai* with augmentation of *Amblyseius womersleyi*. A review of the biological control of crop pests in Taiwan. 21-27.

Talekar, N. S., J. C. Yang, and S. T. Lee. 1992. Introduction of *Diadegma semiclausum* to control diamondback moth in Taiwan. pp. 263-270. *In*: Proceedings of the Second International workshop of “Diamondback Moth and Other Crucifer Pests”, AVRDC, Shan-Hua, Tainan, Taiwan.

Wang, C. L. 1998. *Orius strigicollis* and *Orius tantillus* as predators of thrips in Taiwan Proceedings 6th International symp. thysanoptera, Antalya, Turkey, Apr. 27-May 1, pp.163-166.

Wang, C. L., P. C. Lee, and Y. J. Wu. 2001. Field augmentation of *Orius strigicollis* for the control of thrips in Taiwan. International Seminar on Biological Control of Insect Pests in Economic Crops:141-152. Seminar held May 14-18, 2001, Suwon, Korea. FFTC and RDA of Korea.

天然防蟲物質

余志儒　陳炳輝

人類很早就知道利用天然物質來防治害蟲，天然物質包括植物、動物與礦物等。其中尤以植物的應用最多。中國是世界上最早記錄使用殺蟲植物的國家，『周禮』中就有記載用芥草薰殺蠹蟲，明朝李時珍的『本草綱目』中的多種植物可用於殺蟲更是眾所週知，如巴豆、檳榔、川楝、百部、使君子、雷公藤等。但因為合成化學農藥的廣效、速效與強效，幾乎完全取代了此類天然物質。直到人們再度重視生態、環境的保護以及永續觀念的崛起，對於天然物質的應用才又得以發展。

利用天然物質防治害蟲，除了觸殺與胃毒的毒殺作用外，對害蟲行為上的干擾而達到防除的效果也是另一種方式，例如取食、發育、交尾、產卵及棲息等行為的干擾、忌避或抑制等是。因此，凡能達到防除目的的物質，稱為除蟲物質，若只以殺蟲物質稱之，似有偏漏。天然除蟲物質的採用方式主要有三：(1)直接利用天然物體，如燃煙燻除、乾燥再磨細撒佈等是。(2)抽取成份，可能為粗抽物或精取其有效成份加以利用。(3)以天然物質的有效成份為先導物，再進一步激化或合成而應用(譚等, 2003)。為避免重蹈合成化學農藥的覆轍，還是以取用天然物質為首要。

被用來防治害蟲的天然物質，一般以植物較常見，研究的也最多。致於動物與礦物雖然中國土農藥誌(1959)中就曾提及數種，如斑蝥、蝸牛、牡蠣以及硼酸、硫磺、石灰、硫酸銅、石灰硫磺合劑等，而現下市面上也有矽藻土、甲殼素等產品，但相關的正試試驗報告仍然不足。所以，本文內容主要以植物為主，礦物方面僅取礦物油而與植物油類一併敘述。

除蟲植物及其主要除蟲成份

全世界具有除蟲作用的植物至少一、二千種，且持續在從新的植物種類別中篩選、增加。植物的除蟲機制主要在影響害蟲的感覺或中

樞神經系統、生理生化功能，前者多為毒殺作用，後者多是行為的干擾。雖然科技日新月異，有經化學成分研究的植物種類僅佔約一成左右，待開發的資源仍然豐富。植物所含的除蟲活性成份類別很多，如生物鹼、毒蛋白、有機酸、單寧、樹脂、酯類、酚類、糖類、油類等。一種植物可能含有多類活性成份，而在植物體內的分佈也因種類有異。如除蟲菊酯主要在花中，菸鹼主要在葉片中，檳榔、巴豆、使君子等的主要成份在種子中，百部與魚藤則主要分佈在根部。

一、菊科(Asteraceae)：

全世界約有 1000 屬 2500 種以上，具除蟲效果的種類繁多，約 160 種以上。其中最有名的首推以除蟲菊(*Chrysanthemum* spp.)，從花可分離得多種對昆蟲有毒殺活性的成份，包括除蟲菊素(pyrethrins) Ⅰ與Ⅱ、jasmolins Ⅰ與Ⅱ、cinerins Ⅰ與Ⅱ。目前多為合成除蟲菊酯類之製品，為求得天然的除蟲菊素，新的抽取方法(Kiriamiti *et al*., 2003)及生物技術如組織培養、基因工程等方式已開始研發應用於生產(Kakko *et al*., 2004; Sarin, 2004)。

二、衛茅科(Celastrceae)：

至少有 10 種本科植物被證實有除蟲效果，其中以苦皮藤(*Celastrus angulatus* 及 *C. paniculatus*)與雷公藤(*Tripterygium wilfordii*)研究最多。前者有觸殺、胃毒及忌避作用，主要效果在取自根皮的苦皮素(celangulin Ⅰ～Ⅴ)，後者有胃毒與忌避作用，主要效果在 5 種生物鹼。雷公藤有『菜藥』之稱，乃因在中國很早就被用來防治菜蟲，對咀嚼式口器的昆蟲有胃毒效果。

三、大戟科(Euphorbiaceae)：

約有 40 種已被測試於除蟲作用。蓖麻(*Ricinus communis*)是研究最多的一種，主要除蟲成份是種子中的蓖麻鹼(ricinine) (Holfeder *et al*., 1998)、蓖麻蛋白(ricin) (Ferraz *et al*., 1999)。目前中國大陸已有合成類似物具有殺蟲效果。巴豆(*Croton tiglium*)是具有強烈瀉下作用的重要藥用植物，種子中亦含有蓖麻鹼，而巴豆甘油酯是主要除蟲成份。

四、豆科(Leguminosae)：

豆科植物也是重要資源，已約有 200 種被測試。其中以魚藤(*Derris* spp.)、苦參(*Sophora flavescens*)較有名。前者有觸殺與胃毒作用，主要殺蟲活性成份取自根部，種子與其餘部位含量較少，除魚藤酮(rotenone)外，尚有多種魚藤酮類似物(rotenoid)，包括魚藤素(deguelin)、灰葉素(tephrosin)、灰葉酚(toxicarol)等。魚藤酮可與多種植物精油相溶，如冬青油、黃樟油等。豆科植物的許多屬都可分離得魚藤酮，其中魚藤屬就有 80 多種植物。後者以苦參鹼(matrine)最重要，其根、莖、葉皆可萃取得。苦參鹼具神經毒，先作用於中樞神經，進而抑制呼吸。中國大陸已有多種含苦參鹼的殺蟲劑上市。(譚等, 2003)

五、百合科(Liliaceae)：

已約有 20 餘種本科植物被測試，但仍以古時後就被應用的藜蘆(*Veratrum formosanum*)效果較顯著。其根部抽出物的生物鹼為主要除蟲成份，包括原藜蘆鹼(protoveratrine)、藜蘆鹼(jervine)、偽藜蘆鹼(pseufi-jervine)等 30 種以上的生物鹼。藜蘆鹼能使昆蟲肌肉癱瘓，對哺乳動物黏膜也有刺激性。(譚等, 2003)

六、楝科(Meliaceae)：

1927 年印度發生蝗災，觀察到蝗蟲拒食印楝樹，而引發深入的研究。楝科全世界約有 52 屬 1400 種，至少有 44 種已被研究具有除蟲作用，其中以印楝(*Azadirachta india*)、川楝(*Melia toosendan*)及苦楝(*M. azedarach*)研究較多。印楝主要的除蟲物質有萜類、甾醇、類固醇及青春激素等，其中以三萜烯類的印楝素(azadirachtin)為最具潛力(Lowery *et al.*, 1993)。印楝素可刺激蝗蟲與鱗翅目幼蟲口器的阻礙神經(deterrent neurone)(Blaney *et al.*, 1994)，在極低濃度下(10^{-6} M)對蝗蟲(*Locusta migratoria*)與 2 種夜蛾(*Spodoptera littoralis*, *Schistocerca gregaria*)有顯著拒食效果(Mordue and Blackwell, 1993; Simmonds *et al.*, 1995)。此外，亦有調節昆蟲生長及忌產卵的作用，種子之油餅可做為肥料並可同時防治白蟻(Jacobson, 1990)。川楝素(toosendanin)取自川楝與苦楝種核或葉片，是三萜類化合物，具胃毒育拒食作用。

七、無患子科(Sapindaceae)：

無患樹(*Sapindus mukorossi* Gaertn.)的果皮與果肉含無患子皂素(saponin)(邱與張, 2001)。其抽出物對福壽螺具致死效果，農試所將之研製成粒劑，已獲核准國內專利。此科的無患子屬(*Sapindus*)已記錄 13 種，植物體皆含有皂素。

圖 1. 無患樹(*Sapindus mukorossi* Gaertner)。

八、苦木科(Simaroubaceae)：

已被研究的種類不多。臭椿(*Ailanthus altissia*)全株根、莖、葉、及果實皆含有苦木素(quassin or nigakilactone D)，具強殺蟲、菌效果，種子油亦含有抑蟲物質，但其丙酮抽出物無忌避效果。苦木樹(*Quassia amara*)木材與葉片的甲醇抽出物有拒食作用(Mancebo *et al.*, 2000)。

九、茄科(Solanaceae)：

在 Martin Jacobson (1990) 書中就提及56種茄科植物被測試除蟲效果。菸草(*Nicotiana tabacum*)有薰蒸、觸殺或忌避作用，主要成份是菸鹼(nicotine)，能穿透昆蟲表皮達到致死效果。游離的左旋菸鹼具揮發性有薰蒸效果，當與脂肪酸作用則生成鹽類，易溶於水且有殺蟲活性。菸草的水浸出液與鹼性物質作用成鹼性後，即易成游離而具揮發性。目前已有類似菸鹼的化學合成物。蕃茄(*Lycopersicon esculentum*)近年來有較多之研究，具有觸殺及胃毒作用，主要成份為生物鹼(alkaloids)，其餘尚有黃酮化合物(flavonoids)、蕃茄素(tomatine)、酚類物質(Duffey and Isman, 1981; Elliger *et al.*, 1981)。

油類

常被用於除蟲的天然油類有植物油、動物油與礦物油(mineral oil 或 petroleum oil)。常見的植物油中，直接榨取自種子的一般稱為種子油(seed oil)，從植物體分離得具有香氣的油性物質稱為精油(essential oil)。動物油較少用，故以下僅就植物油與礦物油做一簡介。

一、種子油

植物的種子油也可防除害蟲。玉米油、花生油、葵花油及芝麻油在 10 ml/kg 劑量下，能使 3 種豆象的產卵量減少(Rajapakse and van Emden, 1997)。粗製棕櫚仁油與米糠油以 1.5-3.0 g/kg 的劑量可完全控制埃及豆與 mung bean 不被豆象(*Callosobruchus maculates*)為害達 5 個月，部份控制則達 15 個月。粗製棉子油以 10 g/kg 的劑量可完全控制小麥與玉米不被米象(*Sitophilus oryzae*)與玉米象(*S. zeamais*)為害達 4 至 5 個月 (Shaaya *et al.*, 1997)。當種子油與殺蟲劑混合使用時，可增強藥效，因為種子油可能有誘食作用，增加了藥劑與害蟲接觸的機會(Don-Pedro, 1989)。花生油、油菜油、葵花油在與亞特松(pirimiphos-methyl)以 1 比 1 混合，對穀象(*Sitophilus granarius*)的毒殺效果與完全亞特松相同，用 10 ml/kg 劑量在 24 小時內皆 100%致死(Tembo and Murfitt, 1995)。

二、精油

植物精油是從植物體分離具有香氣的油性物質，植物體可以是根、莖、葉、花、果、種子等任何部位或其分泌物。在常溫下精油通

常呈液態油狀、易揮發、具特殊香味、折光率較高、鮮少溶於水但可溶於有機溶劑。常應用於香料、調味料、香水及食品工業上，也有用於對昆蟲的忌避，如樟腦油、香茅油、桉樹油等。近年來，不止忌避，更有對接觸、薰蒸的殺蟲劑進行研究。

有些植物精油對昆蟲有誘集效果，例如一種做為香料的當歸(*Angelica sinensis* (Oliv.) Diels)根與種子的精油對地中海果實蠅(*Ceratitis capitata* (Wiedemann))的誘引極有效，在其防治上發揮很大的效果。此後進而在丁香油中發現甲基丁香酚與4-(乙氧基苯)-2丁酮，分別對東方果實蠅(*Batrocera dorsalis* (Hendel))對瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett))具強誘引力。精油中的(E)-6-壬烯乙酸對瓜實蠅成蟲有誘引產卵效果，且能抑制卵的孵化(Voaden, 1984)。有的植物精油具有忌避作用，例如薄荷油中的 1,8-桉葉素對洋蔥蚜(*Neotoxoptera formosana* (Takahashi))有極強的忌避效果(Masatashi and Hiroaki, 1997)。南茼蒿(*Chrysanthemum segetum*)的精油中的對紋白蝶有忌食作用(吳照華等，1994)。將唇形花科植物的精油用丙酮稀釋 500 至 1000 倍對豆類赤葉蟎(*Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval))有致死與忌避作用，且能使成蟲產卵量減少(Mansour *et al.,*1986)。小茴香(*Cuminum cyminum*)、大茴香(*Pimpinella ansium*)及桉樹(*Eucalyptus camaldulensis*)精油對棉蚜與豆類赤葉蟎有薰蒸防除效果(Tuni and Sahinkaya, 1998)。倉儲害蟲方面也有相當多的研究，百里香(*Thymus serpyllum*)與 *Origanum majorama* 精油對豆象(*Acanthoscelides obtectus* Say)的毒性是受測 22 種唇形科植物中最強的(Regnault-Roger *et al,*. 1993)。鬱金(*Curcuma linga* (L.))油使赤擬穀盜(*Rhyzopertha dominica* (F.))的幼蟲無法正常發育化蛹、或畸形蛹、或畸形成蟲甚至死亡(Jilani and Saxena, 1990)。某些植物精油可毒殺昆蟲，如蒜(*Allium sativum*)油能殺死斜紋夜蛾的幼蟲(Deb-Kirtaniya *et al*., 1980)。

三、礦物油

礦物油是原油(crude oil)經分餾煉製而得，因煉製不同而分有煤油、石蠟油、白油及噴霧油等。礦物油很早就被應用於植物保護上，早期有用煤油塗刷在柑桔樹上防治介殼蟲的記錄。礦物油的殺蟲能力與石腊(Paraffin)的含量成正比，精製後可提高石腊含量，在夏天施用不會傷害植物，故稱為夏油(summer oil)。夏油再依其精製程度，可分成

休眠油(dormant oil)、高級夏油(superior oil)和超級夏油(supreme oil)等。但一般礦物油因為未磺化不夠高，如夏油的未磺化值(unsulphonated residue, UR)僅在 86%左右，仍然容易產生藥害。目前因精煉技術的進步，已有高未磺化值的礦物油出現，有人稱之為精煉窄域油(narrow range oil)，UR 達 98%，可以減低藥害並提高效果。因此，農委會於 93 年公告，將植保用礦物油的未磺化值修訂須高於 92% (行政院農業委員會農授防字第 0931484174 號公告)。

圖 2. 提取天然物質常用的儀器。
A.榨油機；B.精油機；C.絞汁機；D.減壓濃縮機；E.減壓冷凍乾燥機；F.高壓殺菌鍋。

礦物油可在植物體上形成一層薄膜，達到分隔病蟲害的物理防治效果。或施佈在害蟲體或卵上，能阻礙其正常呼吸，甚而窒息死亡。亦有研究指出礦物油的成份或其轉化物能與害蟲的脂肪酸作用，進而干擾害蟲的新陳代謝。礦物油使用時，須注意要有適當的乳化，才能發揮效果。

結語

活性物質為天然產物(natural occurrence)是美國官方認定為生化農藥(biochemical pesticieds)的必要條件之一，而活性物質歸類在生化農藥比歸類在傳統農藥有利，乃在於前者對於檢驗資料的要求比較少(例如，影響人體健康方面的測試結果)(McClintock *et al.*, 1994)。天然物質應用於害蟲防治的優點，與合成化學殺蟲劑相較，有(1)無殘毒問題，其有效成份為自然產物，在自然界中會自然分解。(2)不易產生抗藥性，一種植物可能同時具有數種殺蟲機制。(3)對人畜較安全等。但相對的也有缺點，如(1)穩定性低，活性成份較易分解，保存期較短。(2)組成份複雜，且因生長地區及採收季節而影響效果。(3)影響植物相，因為有可能為了種植除蟲植物而取代其他在地植物。既然人類為了生態的永續發展而採用植物抽出物來防治害蟲，是取其優點來減少合成化學農藥的使用，當然也必須面對其缺點。無可避免的要接受它的穩定性低與成份複雜等問題，否則可能又要重蹈合成化學農藥的覆轍。尤其對於植物相的影響更應極力避免，因為植物相的失衡絕非永續經營所樂見。

參考文獻

中國土農藥誌編輯委員會。1959。中國土農藥誌。科學出版社，北京，中國。

行政院農業委員會農授防字第 0931484174 號公告。2004。礦物油乳劑之規格。

邱年永、張光雄。2001。無患樹。第 130 頁，於原色臺灣藥用植物圖鑑(5)。台北 天南書局出版。

吳照華、王軍、李金翠。1994。茼蒿精油的距食活性和化學組分。天然產物研究與開發 6: 190-192。

徐美娟、管致和。1993。番茄植株中黃酮類對菜青蟲(*Pieris rapae* L.)的活性組分及其對截形葉蟎(Tetranychus truncates Ehara)的毒效。北京農業大學學報 19(2)：55-60。

徐漢虹。2001。殺蟲植物與植物殺蟲劑。中國農業出版社，北京，中國。

譚仁祥、王劍文、徐琛、崔桂友。2003。植物拒食劑、殺蟲劑 84-127 頁。於植物成份功能。科學出版社，北京，中國。

Adekenov, S. M. 1995. Sesquiterpene lactones from plants of the family Asteraceae in the Kazakhstan flora and their biological activity. Chem. Nat. Compounds 31: 21-25.

Blaney, W. M., M. S. J. Simmonds, S. V. Ley, J. C. Anderson, S. C. Smith, and A. Wood. 1994. Effect of azadirachtin-derived decalin (perhydronaphthalene) and dihydrofuranacetal (furo[2,3-*b*]pyran) fragments on the feeding behaviour of *Spodoptera ittoralis*. Pestic. Sci., 40: 169-173.

Boeke, S. j., I. R. Baumgart, J. J. A. van Loon, A. van Huis, M. Dicke, andD. K. Kossou. 2004. Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculates*. J. Stor. Prod. Res. 40: 423-438.

Duffey, S. S., and M. B. Isman, 1981. Inhibition of insect larval growth by phenolics in glandular trichomes of tomato leaves. Experientia 37: 574.

Deb-Kirtaniya, S., M. R. Ghosh, and N. Adityachaudhury. 1980. Extracts of garlic as possible source of insecticides. Indian J. agric. Sci., 50: 507-510.

Elliger, G. A., Y. Wong, B. G. Chan, and A. C. Jr. Waiss. 1981. Growth inhibitors in tomato (Lycopersion) to tomato fruitworm, *Manduca sexta*. Entomol. Exp. Appl. 45: 123

Ferraz, A. C., M. E. M. Angelucci, M. L. Da Costa, I. R. Batista, B. H. De Oliveira, and C. Da Cunha. 1999. Pharmacological Evaluation of Ricinine, a Central Nervous System Stimulant Isolated from *Ricinus communis*. Pharm. Biochem. & Behav. 63: 367-375.

Godkar, P. B., R. K. Gordon, A. Ravindran, and B. P. Doctor. 2004. *Celastrus paniculatus* seed water soluble extracts protect against glutamate toxicity in neuronal cultures from rat forebrain. J. Ethnopharmacol. 93: 213-219.

Holfeder,M. G. A. H., M. Steck, E. Komor, and K. Seifert. 1998. Ricinine in phloem sap of *Ricinus communis*. Phytochemistry 47: 1461-1463.

Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection 19: 603-608.

Jacobsen, M. 1988. Botanical pesticides past, present and future. *In*: J. T. Amason, B. J. R. Philogene, and P. Morand. eds. Insecticides of plant origin. Am. Chem. Soc. Series. 387: 1-10.

Jacobsen, M. 1990. Azadirachta indica. p. 70-71. *In*: Glossary of Plant-Derived Insect Drterrents. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, U. S.

Jilani, G.., and R. C. Saxena. 1990 Repellent and feeding deterrent effects of turmeric oil, sweetflag oil, and aneem-based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera: Bostrychidae). J. Econ. Entomol., 83: 629-634.

Kakko, I. T. Toimela, and H. Tahti. 2004. The toxicity of pyrethroid compounds in neural cell cultures studied with total ATP, mitochondrial enzyme activity and microscopic photographing. Environ. Toxicol. & Pharmacol. 15: 95-102.

Kiriamiti, H. K., S. Camy, C. Gourdon, and J. S. condoret. 2003. Pyrethrin extraction from pyrethrum flowers using carbon dioxide. J. Supercritical Fluids, 26: 193-200.

Lowery, D. T., M. B. Isman, and N. L. Brard. 1993. Laboratory and field evaluation of neem for the control of aphids (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 86: 864-870.

Mancebo, F., L. Hilje, A. Mora, and R. Salazar. 2000. Antifeedant activity of *Quassia*

amara (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. Crop Prot. 19: 301-305.

Mansour, T., U. Ravid, and E. Putievsky. 1986. Studies of the effects of essential oils isolated from 14 species of Labiatae on the carmine spider mite, *Tetracychus cinnabarinus*. Phytoparasitica, 14: 137-142.

Masatoshi, H., and K. Hiroaki. 1997. Repellency of rosemary oil and its components against the onion aphid, Neotoxoptera formosana (Takahashi) (Homoptera: Aphididae). Appl. Entomol. Zool. 32: 303-310.

McClintock, J. T., J. L. Kough, and R. D. Sjoblad. 1994. Regulatory oversight of biochemical pesticides by the U.S. Environmental Protection Agency: health effects considerations. Regulatory Toxicology and Pharmacology 19: 115-124.

Mordue (Luntz), A. J., and A. Blackwell. 1993. Azadirachtin: anUpdate. J. Insect Physiol. 39: 903-924.

Nicholson, S. S. 1995. Review article toxicity of insecticides and skin care products of botanical origin. Verterinary Dermatol. 6: 139-143.

Pascual-Villalobos M. J., and A. Robledo. 1999. Anti-insect activity of plant extracts from the wild flora in southeastern Spain. Biochem. Sys. & Ecol. 27: 1-10.

Rajapakse, R., and H. F. van Emden. 1997. Potentioal of four vegetable oils and ten botanical powders for reducing infestation of cowpeas by *Callosobruchus maculates, C. chinesis and C. rhodesianus*. J. Stored. Prod. Res. 33: 59-68.

Ray, D. E. 1991. Insecticides of plant origin. pp. 585-636. *In*: Hayes, W. J., Jr., and E. R. Laws, Jr. eds. Handbook of pesticides. New York, Academic Press.

Regnault-Roger, C., A. Hamraoui. M. Holeman, E. Theron, and R. Pinel. 1993. Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon*Acanthoscelides Obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Chem. Ecol. 19: 1233-1244.

Sarin, R. 2004. Insecticidal activity of callus culture of *Tagetes erecta*. Fitoterapia 75: 62-64.

Shaaya, E., M. Kostjukovski. J. Eilberg, and C. Sukprakarn. 1997. Plant oils fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. J. Stored. Prod. Res. 33: 7-15.

Simmonds, M. S. J., W. M. Blaney, R. B. Grossman, and S. V. ley. 1995. Behavioural responses of Locusts and *Spodoptea littoralis* to azadirachtin and azaderachtin analogues containing fluorescent and immunogenic report groups. J. Insect Physiol. 41: 555-564.

Tembo, E., and R. F. Murfitt. 1995. Effect of combining vegetable oil with pirimiphos-methyl for protection of stored wheat against *Sitophilus granaries* (L.). J. Stored Prod. Res. 31: 77-81.

Tuni, I., and S. S ahinkaya. 1998. Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils. Entomol. exp. appl. 86: 183-187.

Voaden, D. J., and M. Jacobson. 1984. Synthesis and biological evaluation of candidate nonenyl acetates as melon fly ovipositional attractances. J. Agric. Food Chem. 32: 769-773.

誘引物質在害蟲防治上之利用

陳健忠　董耀仁

自然環境中存在許多揮發性物質，其中有些化合物可以誘導及協助昆蟲尋獲棲所、食物、產卵處所、交尾對象等，以維持其生活或繁衍後代。昆蟲藉由嗅覺功能感受這些”氣味”，使同種個體間或不同物種可以互通訊息及啟動特定的行為反應。此類揮發性物質統稱為化學傳訊物質(semiochemical)，包括費洛蒙(pheromone)、凱洛蒙(kairomone)、產卵誘引物、取食忌避物以及其他眾多的化合物(Nordlund, 1981; Howse *et al*., 1998)。在田間施用化學傳訊物質，可以改變害蟲的行為，進而管制其族群發展，達到害蟲管理的目的，減少作物的損害。各種化學傳訊物質可以一起使用，以增加誘蟲效果。例如將取食促進劑、雄蟲性誘劑、雌蟲聚集費洛蒙及速效殺蟲劑加入黏板中，用於田間防治橄欖果實蠅(*Bactrocera oleae*)，結果每株橄欖樹防治所需的農藥用量降至原來的百分之一(Haniotakis *et al*., 1991)。

近年來誘引物質成分的分離、鑑定、合成及施放技術的提升，使得化學傳訊物質的應用有長足的進展，當然這也歸因於我們對標的害蟲的行為以及田間的各項調控因子有更深入的了解。

昆蟲除了以嗅覺感受器偵知化學傳訊物質外，亦用視覺辨識不同顏色(Prokopy and Owens, 1983; Oseto, 2000)。不同的昆蟲常會趨向特定偏好的顏色，因此顏色本身就是一種昆蟲誘引物質。特定顏色搭配殺蟲陷阱如黏紙、水盤等，即可組成誘蟲器用以誘殺害蟲(Sivinski, 1990)。害蟲防治研究上經常用於測試的顏色有白色、藍色、綠色、黃色等，均與寄主植物的反射光譜或波長有關聯。有關害蟲偏好的顏色已有很多的試驗結果，例如桃蚜喜好黃色、翠菊葉蟬偏好橙色、花薊馬喜歡白色或藍色、蘋果果實蠅(*Rhagoletis pomonella*)則易趨向紅色或黃色物質。在田間，昆蟲對於顏色的趨性強弱受到誘蟲器的懸掛位置、地上物組成(背景)、昆蟲的生理狀態和投射在誘蟲器上的光波長的影響(Robacker *et al*., 1990)。人為施用的氣味或顏色會吸引害蟲趨向誘引源，但是在田間自然環境中可能同時存在其他誘引物質，如可供產卵

的寄主果實，同種害蟲釋放的性費洛蒙，其他害蟲產生的蜜露等，因此誘殺害蟲的成果是兩者競爭的結果。提高誘引物質的誘殺力，降低環境中的干擾因子，是其利用於防治上成敗的重要關鍵。

化學傳訊物質與利用

就昆蟲間傳遞訊息而言，化學傳訊物質可分為種內(intraspecific)和種間(interspecific)兩大類，前者為費洛蒙，後者有凱洛蒙、阿洛蒙(allomone)、辛洛蒙(synomone)和兒諾蒙(apneumone)。例如小菜蛾性費洛蒙屬於種間的傳訊物質，而蘋果氣味誘引劑則屬於凱洛蒙。費洛蒙是指一種昆蟲個體分泌及釋出的揮發性物質，此物質會引發同種個體產生特定的行為反應，目前已知者有性費洛蒙、聚集費洛蒙、產卵費洛蒙、警戒費洛蒙、路徑費洛蒙等(Hartlieb and Anderson, 1999)。性費洛蒙可以吸引遠距外的異性前來，並在近距離內誘發求偶行為。聚集費洛蒙可聚集大量同種昆蟲，有利於交尾或合力攻擊寄主植物獲取食物，增加族群繁衍的機會。產卵費洛蒙幫助昆蟲尋找合適的產卵處所，使子代幼蟲得到最佳的發育或存活空間。產卵費洛蒙可能為誘引或具有忌避作用，雌蟲感受到產卵費洛蒙而避開已被產卵的處所，可以降低子代間對生活環境的競爭壓力。警戒費洛蒙可警告同種昆蟲個體，躲避天敵的攻擊或進行其他防禦措施。路徑費洛蒙協助昆蟲標定食物或巢穴的位置，或導引同伴依照遺留的氣味追尋食物。

釋放凱洛蒙者對本身不利但對感受者有利；釋放阿洛蒙則對自己有利對接受者不利；釋放辛洛蒙對釋出和接受者均有利；兒諾蒙是無生物散發出的氣味，對某一種感受者有利確對另一種不利(Nordlund, 1981)。

化學傳訊物質在害蟲防治上主要有下列三種用途：

一、偵測害蟲

誘引物質的氣味隨風飄散，吸引害蟲逆風而行，趨向誘引源。由捕獲的害蟲可以得知特定範圍內發生的種類、密度、分布及擴散情形、發生時期等。此為傳訊物質最普遍的應用，提供許多作物害蟲綜合防治的施行依據。目前使用的誘蟲物質多以誘雄為主，事實上如能使用誘雌物質更可準確掌握害蟲產卵和卵孵化的時期。

有些地區因用藥不當或施藥頻度過高，田間常產生抗藥性害蟲族群。利用具有專一性的誘引劑如性費洛蒙，可以快速的大量收集特定的害蟲，進行抗藥性族群的偵測，有助於擬定或調整用藥策略，有效管理田間的害蟲族群(鄭, 1989; Cheng *et al*., 1996; Howse *et al*., 1998; Knight *et al*., 2002; Anonymous, 2005)。

此外，對於仍然處於極低密度的新入侵害蟲，使用一般的害蟲調查方法常費工費時，而且不易在最短的時間內發現其存在。利用高效的誘引物質，可以發揮早期偵知的預警功能，常用於外來害蟲的偵測或監測新建立的族群。

二、直接用於防治害蟲

利用誘引物質大量誘殺害蟲，常著眼於減少田間未交尾雄蟲的數量，降低雌蟲的交尾機會，壓制整個族群密度在經濟為害水平以下，避免作物生產遭受經濟損失。理論上，設置愈多的誘蟲器愈能大幅降低害蟲密度。誘引劑對於田間自然存在的誘引物質競爭力強，並且能夠兼除雌、雄蟲，防治效果愈顯著。Knipling (1979)認為大量滅雄的防治法需要達到非常高的誘殺率(> 95%)，才能獲得成功。最好能夠誘殺交尾或產卵前的成蟲，尤其是針對單次交尾的害蟲種類進行防治較易成功。

就農業生態環境而言，防治區內通常仍然會有害蟲由鄰近區域侵入，因此大量誘殺防治需進行區域性共同防治，此在防治雜食性或寄主種類多的害蟲時更為重要。使用有效誘引距離長的誘引劑必須謹慎，因為誘得的害蟲可能來自防治區以外的處所，誘而不殺會釀成更大的危害。

大量誘殺法常適用於低密度族群，比較容易將害蟲壓制在經濟為害水平以下。誘殺的對象大都是活動性高的成蟲期，成蟲如果是直接可對作物造成損害的種類，如果實蠅等除直接降低被害，且可減少下一世代蟲口增長。有些害蟲如蛾類，成蟲並不會為害植株，大量誘殺成蟲並無法立即阻止當代幼蟲為害，將影響防治效果，因此把握誘殺時機很重要。除了誘殺之外，尚有一種策略是將害蟲誘來後並不將其殺死，而是讓害蟲接觸到病毒、真菌或細菌等病原成為病媒，回到田間感染其他害蟲，引發流行病，促使整個族群快速瓦解。

所有使用誘引物質直接以誘雄防治害蟲的方法，均會面臨已交尾雌蟲入侵的問題，因此使用於寡食性且一生只交尾一次的害蟲上，較為有利。

三、阻斷交尾

在田間大量施用費洛蒙，干擾昆蟲正常的求偶行為，使雌蟲無法正常進行交尾，是害蟲管理的一種策略運用。其作用機制目前並不很清楚，因昆蟲種類而異，可歸納為二種：(一)雄蟲感受到人為釋放的費洛蒙，但因環境中充滿費洛蒙而無法確定雌蟲所在的位置。(二)雄蟲處於持續充斥合成費洛蒙的環境中而嗅覺疲乏，或是田間雌蟲釋放的費洛蒙氣味被掩蓋使雄蟲無法管受到，或是感受作用失去平衡，以致根本無法誘發雄蟲的正常行為。

阻斷交尾法常用於防治蛾類害蟲，現在也嚐試用在其他害蟲如介殼蟲、天牛、甘藷蟻象等。阻斷交尾防治法的優點是對環境的衝擊小，目前為止尚未發現有抗性(resistance)的問題，可用於防治對農藥產生抗藥性的族群。缺點是防治費用比藥劑防治高，尤其誘引成分組成複雜或在環境中不穩定時，常減低其應用價值。

果實蠅誘引物質

果實蠅科中有許多為害瓜果類的重要經濟害蟲，此處統稱為果實蠅。果實蠅相關化學傳訊物質的研究與開發一直受到全世界研究人員的重視，其誘引劑可說是目前各種果實蠅偵測、監測和防治策略的基礎(Jang and Light, 1996; 鄭等, 2003)。

一、副費洛蒙(parapheromone)

副費洛蒙一詞專指可以誘引果實蠅的化合物，但這些化合物在演化上與果實蠅生活史間的關係並不清楚(Cunningham, 1989)。如大家所熟知的甲基丁香油誘引東方果實蠅(*B. dorsalis*)、克蠅誘引瓜實蠅(*B. cucurbitae*)、Trimedlure 誘引地中海果實蠅等，只能誘引雄蟲的誘引劑都屬於副費洛蒙。

甲基丁香油對東方果實蠅的誘引力超強，誘引距離可達 1000 公尺。果實蠅也很喜歡取食甲基丁香，因此進入誘蟲器後取食含毒甲基

丁香油而易被毒殺。懸掛或直接拋擲吸附含毒甲基丁香油的纖維板或棉繩，目前廣泛用於族群密度監測或區域性防治(Cheng *et al*., 2005)，並曾成功地用於撲滅日本琉球群島的東方果實蠅。Trimedlure 普遍用於地中海果實蠅發生地區之族群密度監測，提供適當施藥時機，有效防治地中海果實蠅。在台灣，地中海果實蠅被列為重要檢疫害蟲，十餘年來採用 Trimedlure 配合翼型誘蟲器或傑克森誘蟲器用於地中海果實蠅偵測系統中，以防堵其入侵。

目前研究人員仍致力於改進現有果實蠅雄蟲誘引劑或開發更具效力的取代物質，尋找雌蟲誘引劑，改良誘蟲器材，改善誘引劑配方及氣味釋放技術，深入探討副費洛蒙與果實蠅在演化上的關聯性，以及不同生理狀態的果實蠅對這些誘引物質的行為反應，以增進其在田間之應用價值。

二、源自寄主植物的誘引物質

果實蠅在寄主果實上產卵，幼蟲在果實內取食並發育生長，在樹冠下的土壤中化蛹及羽化。寄主植物中應當存在誘引果實蠅的物質，因此無數的研究工作專注於寄主植物的花、葉、果實、種子成分的分離、鑑定、合成和測定其誘引力。自蘋果氣味中分離出來的六種化學成分，組成複方誘餌可誘引雌及雄性蘋果果實蠅。誘劑添加在紅色黏球製成商品，已應用於偵測及防治蘋果果實蠅，為利用植物成分防治果實蠅最成功的例子。其他果實如番石榴、芒果、柑桔、桃、柿、洋香瓜、苦瓜等的揮發性成分亦均有研究在進行中，期望未來能有所突破，開發更為有效的誘引劑。

三、食物誘引劑

果實蠅成蟲需要攝取食物以維持生存及產卵繁殖後代，其一生中可能花費相當部分的時間用於尋找食物，如花蜜、樹液、葉片上的微生物、昆蟲蜜露、鳥糞等。果實蠅需藉由各種食物發出的氣味或其他線索，追蹤食物來源，因此開發食物誘引劑用於偵測和防治果實蠅，亦成為重要的課題。多年來，許多食物成分被分離和鑑定，並經過生物檢定其誘引效力，但至目前為止仍以蛋白質水解物如 NuLure, PIB-7 及近年推出的 GF-120 等商品使用最為普遍。一般而言，蛋白質水解物可以誘引雌或雄蟲，但以雌蟲為主。使用時，蛋白質水解物調在 pH8-9

表一、數種重要害蟲的誘引成分和作用類別

害蟲	誘引成分	發表時間	作用類別
瓜實蠅	Nonane-1,3-diol	2000	阿洛蒙
(*Bactrocera cucurbitae*)	4hydroxyphenyl-2-butanone	1993	誘引劑
	Myrtenol	1989	誘引劑
	Z3-hesen-3-ol		
	Phenylmethanol		
	Deltal-penten-3-ol		
	Z2-5OH		
	E2-6Ald		
	Cis-sabinol		
	2me3me5me6me-pyarzine	1982	費洛蒙
	2me-pyrazine		
	2me3me5me-pyrazine		
	2ethoxybenzoic acid		
	E6-9Ac	1973	凱洛蒙
	cuelure	1972	誘引劑
東方果實蠅	Ethyl acetate	2002	凱洛蒙
(*Bactrocera dorsalis*)	caryophyllene		
	Methyl eugenol	1996	誘引劑
	Ethyl benzoate		
	2allyl-4,5dimethoxyphenol	1988	雄性費洛蒙
	E-coniferyl alcohol		
	Z-3,4dimethoxycinnamyl alcohol		
	2allyl-4,5dimethoxyphenol	1988a	雄性費洛蒙
	E-coniferyl alcohol		
	Z-3,4dimethoxycinnamyl alcohol		
	Methyl eugenol	1968	誘引劑
小菜蛾	Alpha-terpinene	2004	阿洛蒙
(*Plutella xylostella*)	limonene		忌避劑
	linalool		
	Z11-16Ald, Z11-16Ac, Z11-16OH	1982	費洛蒙
	Z11-16Ald, Z11-16Ac	1977	費洛蒙
	Allyl isothiocyanate	1960	凱洛蒙
斜紋夜蛾	Z9E11-14Ac, Z9E12-14Ac	1974	費洛蒙
(*Spodoptera litura*)	Z9E11-14Ac, Z9E12-14Ac	1973	費洛蒙
甜菜夜蛾	Z9E12-14Ac, Z9-14OH	1983	費洛蒙
(*Spodoptera exigua*)	Z9E12-14Ac	1972	費洛蒙
番茄夜蛾	Z11-16Al, Z11-16OH, Z9-16Al,	1990	費洛蒙
(*Helicoverpa armigera*)	Z7-16Al, 16Al		
	Z11-16Al, Z9-16Al	1983	費洛蒙
	Z11-16Al, Z11-14Al	1978	費洛蒙

誘引效果最佳，此時其釋放出來的氨也較多，但整體誘引力並不只是單靠氨氣的作用而已。

果實蠅天然或合成食物誘引劑的行為反應機制相當複雜，各種果實蠅常因不同的生活策略而有差異，個體也會因性別、年齡、營養狀態等因素對同種誘引物質產生不同的反應。在防治應用上，環境中如果不虞食物來源，則誘引劑就比較難以發揮其應有的誘引功效。許多資料顯示果園並非果實蠅喜歡棲息的地方，果實蠅進入果園時可能已經飽食和交尾過，最大的目標只是產卵而已。因此應用食物誘引劑於果實蠅的管理時，對於防治區以外的鄰近環境亦應一併考量。

圖 1. 害蟲偵測誘蟲器：黃色黏板與碳酸銨(左)，翼型誘蟲器與蘋果蠹蛾性費洛蒙(中)，麥氏誘蟲器與甲基丁香油誘殺板(右)。

四、性費洛蒙

許多昆蟲是由雌蟲分泌性費洛蒙誘引雄蟲前來交尾，但是依目前的研究顯示絕大部分果實蠅是由雄性釋放費洛蒙誘發交尾行為。各種果實蠅的性費洛蒙，無論在化合物種類、成分組成、釋放的部位均有很大的變異。就化合物種類而言，從一至五十種以上都有。相關的研究不少，但目前並無應用的實例。直接為害瓜果的果實蠅是雌蟲，雄性費洛蒙可以誘雌，這點在害蟲管理上是一項利基。進一步了解果實

蠅性費洛蒙在生態行為上的角色以及與其他化學傳訊物質間共同作用的情形，對於釋放雄性不孕性果實蠅(SIT)的防治策略亦將有很大助益。

黃色黏板對東方果實蠅的誘引距離應在數公尺內，應懸掛在明亮可視的位置才能發揮最大的誘引作用(陳, 1997)。由於黃色會因紫外線的照射而降解(褪色)，於田間應避免日光直射。可以誘引雌蟲及雄蟲，但對性成熟的果實蠅有較大的誘引力。果園中有可能同時懸掛黃色黏板與甲基丁香油誘殺板，兩者間距在 0.5 公尺時嚴重減弱黃色黏板誘雌的效力。黃色黏板適用於果實蠅族群密度監測，可配合其他防治法使用。

結語

現時的害蟲防治講求的是族群的綜合管理，害蟲的誘引物質扮演監測族群密度的角色，提供藥劑施用或其他防治的行動時機，為經濟、有效及合理的管制體系中不可或缺的一環。藉助先進的化學分析技術與精密儀器，各類化學傳訊物質的分離、鑑定及合成均比以前更精準、快速及經濟，大幅提升其應用的潛力。農藥防治害蟲的負面效應顯現，促使非農藥防治技術的開發深受生產者與消費者的期待。未來，隨者害蟲化學生態研究的進展，化學傳訊物質不但在利用誘引物質大量誘殺直接防治害蟲外，阻斷或改變害蟲的生殖或其他行為，吸引天敵加入作物保護的行列，甚至以凱洛蒙的誘引作用增進植物授粉等利用，發展與應用的空間寬廣，值得我們重視。

參考文獻

鄭允。1989。昆蟲性費洛蒙的田間應用。有機農業研討會專刊 157-181。台中區農業改良場，彰化縣大村，台灣。

陳育仁。1997。黃色黏板對東方果實蠅誘捕效果之評估。國立台灣大學植物病蟲害學研究所 碩士論文 65 頁。

鄭允、高靜華、江明耀、黃毓斌。2003。東方果實蠅防治現代化-區域防治之策略與執行。植物保護管理永續發展研討會專刊 49-66。

Anonymous. 2005. Pherobase. http://www.pherobase.com.com/database/genus-Bactrocera.html.

Cheng, E. Y., C. H. Kao, W. Y. Su, and C. N. Chen. 1996. The application of insect sex pheromone for crop pest management in Taiwan. in Proceedings of “International Symposium on Insect Pest Control with Pheromone” p. 29-47. Suwon, Korea.

Cheng, E. Y., C. H. Kao, M. Y. Chiang and Y. B. Hwang. 2005. Area-wide control of oriental fruit fly and melon fly in Taiwan.in Proceedings of "Symposium on Taiwan-American Agricultural Cooperative Projects" p. 147-154. Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan.

Cunningham, R. T. 1989. Parapheromones. pp. 221-230. *In*: A. S. Robinson and G. Hooper, eds., Vol. 3A, Fruit Flies: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam.

Cytrynowicz, M., J. S. Morgante, and H. L. De Souza. 1982. Visual responses of South American fruit flies, *Anastrepha fraterculus*, and Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata*, to colored rectangles and spheres. Environ. Entomol. 11: 1202-1210.

Haniotakis, G., M. Kozyrakis, T. Fitsakis, and A. Andronidaki. 1991. An effective mass trapping method for the control of *Dacus oleae* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 84: 564-569.

Hartlieb, E. and P. Anderson. 1999. Olfactory-Released Behaviours. pp. 315-349. *In*: B. S. Hansson, ed. Insect Olfaction. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Howse, P. E., I. D. R. Stevens, O. T. Jones. 1998. Insect Pheromones and their use in pest management. Chapman and Hall, London.

Jang, E. B. and D. M. Light. 1996. Olfactory semiochemicals of tephritids. pp. 73-90. *In*: B. A. McPheron and G. J. Steck, eds. Fruit Fly Pests: a world assessment of their biology and management. St Lucie Press, Delray Beach, Florida.

Knight, A. L., R. P. J. Potting, and D. M. Light. 2002. Modeling the impact of a sex pheromone/kairomone attracticide for management of codling moth (*Cydia pomonella*). Acta Hort. 584: 215-220.

Knipling, E. F. 1979. The basic principles of insect population suppression and management. USDA Agric. Handbook 512.

Nordlund, D. A. 1981. Semiochemicals: a review of the terminology. pp. 13-23. *In*: D. A. Nordlund, R. L. Jones, and W. J. Lewis, eds. Semiochemicals: their role in pest control. John Wiley, New York.

Oseto, C. Y. 2000. Physical control of insects. pp. 25-100. *In*: J. E. Rechcigl and N. A. Rechcigl, eds. Insect Pest Management: techniques for environmental protection. Lewis Publishers, New York.

Prokopy, R. J. and E. O. Owens. 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. Annu. Rew. Entomol. 28: 337-364.

Robacker, D. C., D. S. Moreno, and D. A. Wolfenbarger. 1990. Effects of trap color, height, and placement around trees on capture of Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 83: 412-419.

Sivinski, J. 1990. Colored spherical traps for capture of Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa*. Flor. Entomol. 73: 123-128.

昆蟲性費洛蒙在害蟲防治之應用

高靜華　鄭　允

費洛蒙(pheromone)是由生物個體分泌至體外，用以激發其他同種個體反應之揮發性化學物質，依其作用目的可分為性費洛蒙(sex pheromone)、聚集費洛蒙(aggregation pheromone)及警戒費洛蒙(alarm pheromone)等。自 1959 年德國化學家 Butenandt 由家蠶 *Bombyx mori* (L.) 成功地鑑定出 E,Z-10,12-十六碳二烯醇之性費洛蒙成份後，迄今已有千餘個昆蟲性費洛蒙成份被鑑定出來，涵蓋鱗翅目、蜚蠊目、鞘翅目、雙翅目、同翅目、膜翅目等，其化學類屬為酯(acetates)、醇(alcohols)、醛(aldehydes)、酚(phenols)、羧酸(carboxylic acids)等十餘類的環狀或長碳鏈結構化合物，如鱗翅目已被鑑定成份之碳鏈長度自 7 到 29 個均有。

性費洛蒙應用於蟲害防治的方式包括監測(monitoring)、大量誘殺(mass trapping)、交尾干擾(mating disruption)及誘殺(kill and lure)等，國外已商品化產品以用於密度監測最多，有 200 餘種，應用於農作物害蟲大量誘殺及交尾干擾亦有數十種。在台灣，性費洛蒙的應用在昆蟲界有兩極的看法，直到 1985 年因為青蔥甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua* Hübner)抗藥性致藥劑失效，造成大面積危害時，才有測試應用的機會。宜蘭地區青蔥專業區全面進行甜菜夜蛾雄蛾誘殺，實施面積達數百公頃，效果受到農民肯定。甜菜夜蛾與另外兩種夜蛾類，斜紋夜蛾(*Spodoptera litura* Fabricius) 及番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera* Hübner)，為近二十年來造成台灣多種糧作災情頻傳的主要害蟲。

國內昆蟲性費洛蒙重要研究團隊及研發成果

國內最早開始性費洛蒙研究之團隊為中央研究院動物研究所。由周延鑫博士所帶領的研究人員針對壁蝨、蟑螂、鱗翅目的斜紋夜盜蛾、小菜蛾、粗腳姬捲葉蛾、桃折心蟲、茶毒蛾、茶蠶等之性費洛蒙主次要組成的有機化合物構造，進行鑑定與合成技術等一系列研究。

民國 72-75 年間，國科會的「昆蟲性費洛蒙」科技計畫中，整合大專院校及農業試驗研究單位，針對水稻瘤野螟、菜心螟、玉米螟、番茄夜蛾、茶姬捲葉蛾、斜紋夜蛾、球菜夜蛾等害蟲之大量飼養、費洛蒙分離、鑑定、合成、田間應用等項目進行測試研究。

民國 76 年起，農業試驗所統籌農委會昆蟲性費洛蒙應用之重點計畫，結合了農試所、藥毒所、靜宜大學等單位，針對重要農作物害蟲性費洛蒙之應用技術進行整合研究。曾先後評估斜紋夜蛾等 15 種重要害蟲之性費洛蒙應用配方，並釐定田間使用技術(鄭, 1989)。其中，甜菜夜蛾性費洛蒙配方係由農試所依 Mitchell 等人鑑定之成份與配方(Mitchell *et al*., 1983)，於青蔥上測試不同組合後，添加抗氧化劑研製成田間應用配方(鄭等, 1985)，其後復與茶改場合作開發茶姬捲葉蛾及茶捲葉蛾誘劑配方。藥毒所與靜宜大學合作之害蟲誘劑配方包括斜紋夜蛾、甘藷蟻象及楊桃花姬捲葉蛾等性費洛蒙，迄今仍持續示範推廣中。目前國內可供應用之性費洛蒙種類及用途如下：

1. 密度監測：斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、番茄夜蛾、蕪菁夜蛾、球菜夜蛾、甘藍擬尺蠖、大豆擬尺蠖、小菜蛾、二化螟、二點螟、紫螟、茶姬捲葉蛾、茶捲葉蛾、甘藷蟻象、楊桃花姬捲葉蛾、亞洲玉米螟及黑角舞蛾等。

2. 大量誘殺：斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、番茄夜蛾、小菜蛾、大豆擬尺蠖、茶姬捲葉蛾、茶捲葉蛾、甘藷蟻象及黑角舞蛾等。

3. 交尾干擾：楊桃花姬捲葉蛾。

性費洛蒙誘劑之製劑配方與誘蟲盒型式

品質良好的誘引劑必須兼顧誘效穩定、持久性及價格合理等特性，且要實測田間最佳誘效比率及配方，確認害蟲是否產生生理小種。為適應不同害蟲的習性、栽培環境及作物種類，美國及日本等國的研發單位就誘劑載體與誘蟲盒型式研製成各式商品，如將誘劑包埋於橡皮帽、棉繩、微膠囊及黏稠劑等，也可以噴撒的方式施用。國內的性

費洛蒙誘劑以注入尼龍管最為常見，包埋於橡皮帽的製劑及其他新配方也陸續推出。現用性費洛蒙誘劑配方不含農藥，主要成份為高純度的性費洛蒙組成份，並添加抗氧化劑及溶劑，可保存於 4℃達一年以上，田間的持效 1-6 個月(圖 1A)。

性費洛蒙誘蟲盒依其誘捕成蟲方式可分為水盆式、黏膠式、乾式及漏斗式等型式。每種害蟲依其飛行習性需使用專屬誘蟲盒，且不得混用，以免因誘劑混雜致主成份比率變異，而完全誘不到蟲，並且定期更換以確保誘引效果。

1. 水盆式誘蟲盒：係上蓋下盆之組合(圖 1B)，使用時依擬誘集蟲種體型的大小，適度調整蓋與盆之間距。性費洛蒙誘劑黏貼於蓋的內面，水盆內可加肥皂水以破壞水的表面張力，被誘引之雄蟲陷落於水盆後很難逃逸。其缺點為需定期補充水，操作上較為不便。

2. 黏膠式誘蟲盒：國內外已開發各種產品，適用於害蟲密度監測及小型害蟲之誘殺。新開發產品的防水功能較佳(圖 1C)，黃色黏紙亦有類似功能(圖 1D)。小菜蛾、茶姬捲葉蛾及茶捲葉蛾的大面積誘殺防治尚無專用誘蟲盒，可使用黃色黏紙或黏膠式誘蟲盒。

3. 乾式誘蟲盒：包括改良式保特瓶、農試所的制式誘蟲盒(圖 1E)、台中場的中改式誘蟲盒(圖 1F)、多層保特瓶改裝誘蟲盒均屬之。制式誘蟲盒為最早研發的規格化產品，所設計的內凸進蟲口具物理阻隔作用，筒內兩個漏斗狀設計能防止害蟲逃逸。其後再經改良的中改式誘蟲盒為目前最常見的誘蟲盒，保留內凸及漏斗狀設計，進蟲口依大小及顏色分為三種型式(橙/大、紅/大、藍/中)。進蟲口過大會導致抓到的蟲再度逃逸，應依蟲體大小選用適合的誘蟲盒，並搭配同色誘劑(紅色：斜紋夜蛾、橙色：番茄夜蛾、藍色：甜菜夜蛾)使用。

4. 漏斗型誘蟲器：甘藷蟻象專用的雙層漏斗型誘蟲器係由藥毒所研發，專門用於誘殺甘藷蟻象。

圖 1. 台灣常見性費洛蒙誘劑成品及誘蟲盒種類。
A.誘集夜蛾用性費洛蒙誘劑；B.濕式誘蟲盒(上蓋下水盆)；C.黏膠式誘蟲盒；D.黃色黏紙；E.制式誘蟲盒；F.中改式誘蟲盒。

大型誘殺示範計畫實施概況

過去 20 年來，台灣主要的蔬菜及雜糧作物種類或有變動，但對青蔥的需求卻是有增無減。青蔥主要害蟲相雖因大面積的專業栽培而漸有變遷，但雜食性甜菜夜蛾的危害持續困擾蔥農。甜菜夜蛾能適應高溫乾熱季節，繁殖迅速，每年可繁殖達 11 代以上。雌成蛾產卵塊於蔥

管上方，孵化之幼蟲鑽入蔥管啃食葉肉為害，民國 70 年間甜菜夜蛾在宜蘭地區即有災情傳出，農民防治幼蟲時常需挑燈夜戰，每隔 2-3 天施藥一次，但因藥劑無法噴及蟲體且已產生高抗藥性(Cheng & Kao, 1993)，而致防治效果不彰，持續的威脅青蔥生產。宜蘭地區自 75 年起使用性費洛蒙進行大面積誘殺防治後，也曾嘗試燈光誘集及微生物製劑等防治方法，但目前僅性費洛蒙誘殺技術仍持續大面積應用。

繼甜菜夜蛾性費洛蒙誘劑後，農試所另外開發多種農業害蟲之性費洛蒙誘劑配方，民國 74-88 年間專責協辦農林廳推廣的雜糧、蔬菜、花卉、茶樹害蟲防治示範計畫內之誘劑供應，製備斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、番茄夜蛾、甘藍擬尺蠖、大豆擬尺蠖、茶姬捲葉蛾及茶捲葉蛾等性費洛蒙誘劑，供進行大面積誘殺示範，81-85 年間每年示範面積超過兩萬公頃(表一)(Cheng *et al*., 1996)。其中，落花生及大豆年實施面積約 15,000-18,000 公頃，大幅降低田間發生密度，減輕夜蛾類對鄰近作物之危害。

表一、 農林廳病蟲害綜合防治計畫內實施性費洛蒙誘殺防治面積(公頃數)

年度	斜紋夜蛾	甜菜夜蛾	茶姬及 茶捲葉蛾	小計	備註
79	7,140	3,526	-	10,630	含雜糧、蔬菜、花卉、山地鄉及茶樹病蟲害綜合防治計畫
80	9,026	2,526	-	11,552	
81	17,374	7,369	350	25,093	
82	14,687	5,139	665	20,491	
83	17,303	4,723	300	22,326	
84	19,959	5,200	-	25,159	
85	15,860	2,800	-	18,660	

民國 88 年以後，各項誘殺防治示範計畫陸續停辦，但仍有許多農會及產銷班員對於性費洛蒙之應用效果深具信心，夜蛾類誘殺防治工作逐漸轉為民間單位自行辦理，每年向農試所申請代製誘劑超過 10 萬劑，防治作物含內外銷之一般蔬菜、豌豆、毛豆、花卉、茶樹、甜柿、葡萄等，91-94 年間累計防治面積超過 15 萬公頃(表二)。

表二、91-94 年間農試所供應大量誘殺用昆蟲性費洛蒙誘劑概況

害蟲種類	誘劑持效期 (更換間隔)	四年累計供應量 (劑)	實施面積 (公頃)
斜紋夜蛾	1.5 個月	192,066	96,000
甜菜夜蛾	1.5 個月	198,010	49,500
番茄夜蛾	1.5 個月	12,158	3,000
小菜蛾	1 個月	26,030	2,600
茶姬捲葉蛾	1 個月	15,235	1,500
茶捲葉蛾	1 個月	12,220	1,200
	小　計	455,719	153,800

誘蟲盒的設置數量應考量不同作物的經濟價值與害蟲的發生密度，如雜糧等粗放栽培作物，斜紋夜蛾及甜菜夜蛾每公頃設置 2 及 4 個誘蟲盒即可；花卉及萵苣等作物經濟價值較高，可酌增至 4-10 個；甜柿及葡萄誘殺斜紋夜蛾時，建議的誘蟲盒數量為每公頃 5-10 個；青蔥因栽種密集且甜菜夜蛾產卵量高，危害較烈，每公頃設置誘蟲盒數可增至 30 個(表三)。

表三、不同作物上大量誘殺示範建議設置誘殺盒數

害蟲種類	誘蟲盒型式	每公頃誘殺盒設施數量(個)							
		雜糧	一般蔬菜	花卉	外銷毛豆及萵苣	甜柿及葡萄	青蔥	一般密度	高密度
斜紋夜蛾	中改式/紅	2	2	4	5-10	5-10	8	2	10
甜菜夜蛾	中改式/藍	4	4	8	5-10		30	4	30
番茄夜蛾	中改式/橙	4	4	8	5-10			4	30
小菜蛾	黏膠式		100					100	200
茶捲葉蛾	黏膠式							10	20
茶姬捲葉蛾	黏膠式							10	20
甘藷蟻象	雙層漏斗型							40	
花姬捲葉蛾	-							40	50

近期夜蛾類害蟲危害概況

以鄉鎮或產銷班為主體的專業栽培，已經成為台灣農業的特色之一。惟因栽種面積的擴增，病蟲害的生態也大幅變遷，其中，雜食性的斜紋夜蛾、番茄夜蛾及甜菜夜蛾曾先後在青蔥、萵苣、包白菜、番茄、蘆筍、草莓、蓮花、玫瑰、唐昌蒲、火鶴花、文心蘭、百合、芋頭、玉米、花生、瓜類、毛豆、紅豆等作物造成災情。此三種夜蛾類害蟲因為害眾多作物，農民長期使用藥劑防治，也產生嚴重抗藥性，更增加防治之困難度。

近年來夜蛾類的危害以斜紋夜蛾與番茄夜蛾增幅最廣，92 年台中縣和平鄉摩天嶺的甜柿產區即因斜紋夜蛾嚴重啃食葉片成災，在東勢等鄉鎮也發生類似災情。93 年台中區農業改良場轄區鄉鎮之葡萄產區，亦傳出受到斜紋夜蛾嚴重危害。北部的茶葉產區已於 94-95 年間亦受到斜紋夜蛾入侵為害。此外，政策性鼓勵的種植綠肥，提供害蟲良好棲息處所，所繁衍巨量的幼蟲直接威脅鄰近作物的生產。94 及 95 年 10-11 月間，雲林縣生產落花生的鄉鎮飽受斜紋夜蛾肆虐，部份田區落花生葉部被啃食精光(圖 2A 右方田區)，受害嚴重的花生田僅一區即有數十萬隻幼蟲，將葉片啃食精光後仍繼續向鄰近雜作田擴散，於溝渠及路面到處可見幼蟲橫行(圖 2B-D)。95 年 9-11 月間農試所於雲嘉南旱作區及綠肥田進行被害概況調查時發現(圖 2E-F)，斜紋夜蛾幼蟲白天藏匿於乾裂的田土縫隙間，傍晚至清晨爬出於田間取食為害。13 處田菁調查田每公頃幼蟲數在 2 萬~200 萬隻間，平均每公頃約 41 萬隻幼蟲，受害嚴重田菁田周圍的旱作也被波及；管理較佳的玉米、大豆及落花生等旱作及太陽麻，平均蟲數都在 3 萬以下，差距達數十倍。

番茄夜蛾以往僅在少數瓜類、玉米及番茄等作物上有零星疫情發生。雲林縣秋冬季因天候適宜，所生產萵苣品質優良，已連續多年外銷日本，每年由 9 月到隔年 3 月可連續種植三作，但因 7-10 月間鄰近的花生田集聚大量番茄夜蛾常因前期作物疏於防治，危害擴及後期大面積生產的萵苣，更因銷往日本時被檢出蟲體而遭退櫃，損失不小。

圖 2. 斜紋夜蛾危害作物、幼蟲聚集及大量誘殺成效。

A.94 年雲林縣落花生田受害災情；B.落花生田邊斜紋夜蛾幼蟲群集；C.斜紋夜蛾幼蟲由落花生田外移；D.墜入水溝之斜紋夜蛾幼蟲；E.田菁受斜紋夜蛾嚴重危害；F.性費洛蒙應用於斜紋夜蛾成蛾監測調查及誘殺。

應用性費洛蒙誘殺之成功範例與防治規範

以性費洛蒙進行大面積誘殺時，必須具備以下條件：(1)人工合成誘劑威力應遠超過雌蛾、(2)誘殺面積能涵蓋害蟲發生區域、(3)有效隔

絕其他寄主作物上的害蟲再入侵及(4)必要時仍需使用有效化學藥劑來控制高密度的蟲害問題(鄭等，1989)。目前三種雜食性的夜蛾類因危害作物種類眾多，每年誘殺防治面積超過 3 萬公頃(表二)，小菜蛾、甘藷蟻象、楊桃花姬捲葉蛾、茶姬捲葉蛾與茶捲葉蛾之性費洛蒙製劑在各試驗場所持續推動下，實施面積維持在數十至數千公頃之間，謹就在蔬果上應用較成功的實例及其防治規範摘要說明如下。

一、青蔥：甜菜夜蛾之誘殺防治

青蔥為國人重要的蔬菜副食，近幾年常因生產期間受到颱風或大雨的影響，導致蔥價節節上揚，消費者叫苦連天。過去 10 年間，台灣青蔥栽培面積約維持在 4,718-5,976 公頃，三大產地為宜蘭縣、彰化縣及雲林縣，94 年栽種面積各為 665、874 及 1,820 公頃(農業統計年報, 2005)。

農試所於 74 年研製甜菜夜蛾性費洛蒙製劑配方後(鄭等, 1985)，僅 75 年農林廳示範計畫於宜蘭及桃園推廣面積即達 520 公頃。75-76 年間評估使用性費洛蒙的防治效益結果顯示，處理區每叢蔥管數因青蔥生長勢較好，平均增加 4.2%；蔥管被害率減少 19.6%；全期青蔥健葉增加率為 23.6%，與被害減少 23.8%相當(鄭等, 1989)。其後的示範計畫另配合使用黑僵菌及蘇力菌等進行綜合防治，農民普遍反應良好，惟於精省後補助計畫終止，綜合防治工作幾近停頓。93 年春季三星地區農會反映此蛾的抗藥性極嚴重，乃重新開始大面積誘殺防治，94 年起在防檢局經費支援下，宜蘭縣部份鄉鎮已恢復甜菜夜蛾的性費洛蒙誘殺工作。

青蔥為甜菜夜蛾最偏好的作物，因屬密集栽培，一旦被夜蛾潛入危害，短期內害蟲密度急遽上升。此蟲發生與區域及栽培期相關，西岸主要產區全年皆有青蔥生產，僅 7-9 月產量略低，全年發生消長穩定，建議全年進行誘殺或於栽種前即開始設置誘殺陷阱，有效壓制其增長。宜蘭縣 4-7 月為青蔥生產盛期，危害特別嚴重，可於種植期間全面進行甜菜夜蛾誘殺防治，以利於短期內壓低此蟲密度，亦可減少因密集噴藥所造成的抗藥性及農藥殘毒問題。

防治規範及注意事項：

1. 誘殺範圍：青蔥栽培區。
2. 懸掛期間：全年或每年 4-12 月(建議提前於種植前 1 個月前開始誘殺)。
3. 應設誘蟲盒密度：甜菜夜蛾「30」個，斜紋夜蛾「8」個。
4. 誘劑種類及更換時間：甜菜夜蛾誘劑為「藍色」，斜紋夜蛾為「紅色」。每 1.5 個月更換誘劑一次。
5. 誘蟲盒設置位置：以支架設於作物上方 50-100 公分處。為避免兩種費洛蒙製劑之相互干擾，兩種夜蛾誘蟲盒設置點應間隔 20 公尺以上。
6. 隨時注意誘殺數量，如誘集成蛾的密度持續升高，應機動加強藥劑防治，避免造成疫情。

二、外銷毛豆：斜紋夜蛾之誘殺防治

台灣毛豆栽種時間可分為春、夏及秋三作，93 年種植面積為 10,303 公頃，產量 80,011 公噸(農業統計年報, 2005)。毛豆生育期約 85 天，播種時間春作為 2 月中下旬，夏作為 6-7 月，秋作為 8-9 月，高屏地區可延至 10 月中旬。省產毛豆品質優良，適合冷凍且耐運輸，廣受日本市場好評，為重要外銷蔬菜，每年外銷日本毛豆 25,000-30,000 公噸，約占日本每年進口量的四成。最大競爭對手大陸的外銷量 30,000-35,000 公噸，泰國、越南及印尼之年供貨量約 10,000 公噸。台灣生產毛豆(枝豆)全盛期有 38 家業者參與，目前僅剩下 10 餘家。

92 年夏季斜紋夜蛾在中南部蔬菜、雜糧及果樹上造成嚴重危害。與農試所合作的外銷毛豆業者於 92 年秋作栽種初期即全面使用斜紋夜蛾性費洛蒙進行誘殺，並監控夜蛾之發生密度。由於斜紋夜蛾幼蟲啃食豆莢會造成外觀受損，影響品質至鉅，當期雲嘉地區所生產豆莢的不良率近五成，惟合作業者因採行斜紋夜蛾大面積誘殺及合理用藥之 IPM 策略，豆莢不良率僅兩成，不但防治成本降低且效益卓著。

因毛豆產區通常與雜糧、蔬菜產區混雜，實施性費洛蒙誘殺防治時，受到鄰近作物採收後害蟲入侵的影響極大。為確保誘殺效果，除

了在毛豆田區內誘殺外，亦可在外圍建立緩衝區，以兩道防線避免鄰近蟲源侵入危害。

防治規範及注意事項：

1. 誘殺範圍：栽培區及外圍緩衝區。
2. 懸掛期間：建議提前於毛豆種植前 1 個月開始進行監測及誘殺，及早壓低栽培區害蟲密度。
3. 誘蟲盒設置密度：斜紋夜蛾誘劑為紅色，每公頃設置 8 個誘蟲盒，每 1.5 個月更換誘劑一次。
4. 誘蟲盒設置位置：設置高度為作物上方 50-100 公分處。
5. 應注意鄰近已採收作物夜蛾類的遷移情形，隨時監測誘殺數量的變化。如誘得成蛾的密度持續升高，雌蛾產卵及造成危害的機率較高，可適度實施藥劑防治，避免造成疫情。

三、外銷萵苣供菜園：三種夜蛾類之監測與防治

國內冬季結球萵苣品質優良，由於日本冬季對萵苣的需求量高，已成功的拓展日本市場，93-95 年間，僅雲林地區每年 11-3 月間訂單即超過 100 個貨櫃，惟因檢疫時被檢出薊馬與夜蛾等蟲體，退櫃率經常超過一成，農民及業者損失不輕。雲林縣為落花生、食用玉米、甘藷及毛豆等作物的重要產區，生產面積分占全省的 71.3%、41.7%、37.5% 及 24.0%(農業統計年報, 2005)，夏秋間各類作物大面積的栽培經常造成三種夜蛾密度大增。9 月開始種植萵苣時，部份落花生、蔥蒜及綠肥田區已屆採收，四處流竄的夜蛾為萵苣生產的主要蟲源，確切瞭解害蟲遷移動向及全年消長概況實有其必要。

配合防檢局「蔬菜病蟲害綜合防治示範」計畫，除延續原有之栽培管理技術外，93 年起由農試所協助雲林縣外銷萵苣業者，進行番茄夜蛾、斜紋夜蛾與甜菜夜蛾性費洛蒙之大面積誘殺防治示範，並建立夜蛾及薊馬類之監測機制，由新湖及庄西合作農場規劃防治示範區與辦理講習會。為加強農民及包裝場作業人員對三種夜蛾類之辨識能力，特整理常見夜蛾類害蟲鑑別圖(圖 3)，使農民能針對害蟲正確的選

用推薦藥劑，減少農藥之不當使用，另可供包裝作業時，檢除結球萵苣上番茄夜蛾等蟲體之比對用。

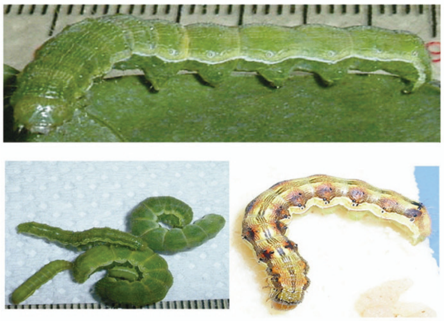
「密度監測」係由農試所執行，於示範栽培區每 7 天調查一次，調查害蟲種類包括三種夜蛾及薊馬類，前三種害蟲以性費洛蒙監測，後者以藍色黏紙誘集。監測結果顯示，10-12 月因周邊大面積的落花生田陸續採收，三種夜蛾類的密度均大幅升高，斜紋夜蛾與甜菜夜蛾密

斜紋夜蛾幼蟲

斜紋夜蛾成蛾

甜菜夜蛾幼蟲

甜菜夜蛾成蛾


番茄夜蛾幼蟲

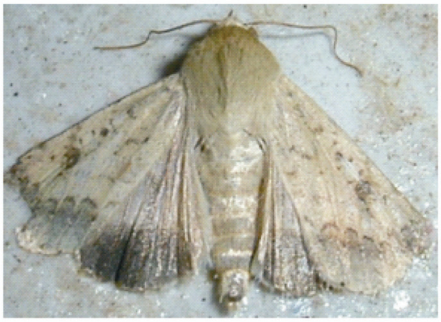

番茄夜蛾成蛾

圖 3. 三種雜食性夜蛾之鑑別圖。

度 10 月中旬起開始升高，11 月為高峰期，密度差異可達 40 倍，12 月中旬後密度即大幅降低(圖 4)。番茄夜蛾 10 月下旬起密度開始增高，至 1 月中旬密度仍偏高，密度最高可達 12 倍，也是銷日萵苣經常被檢出的夜蛾種類。薊馬的發生與作物種植相關，通常在定植後開始入侵萵苣田。

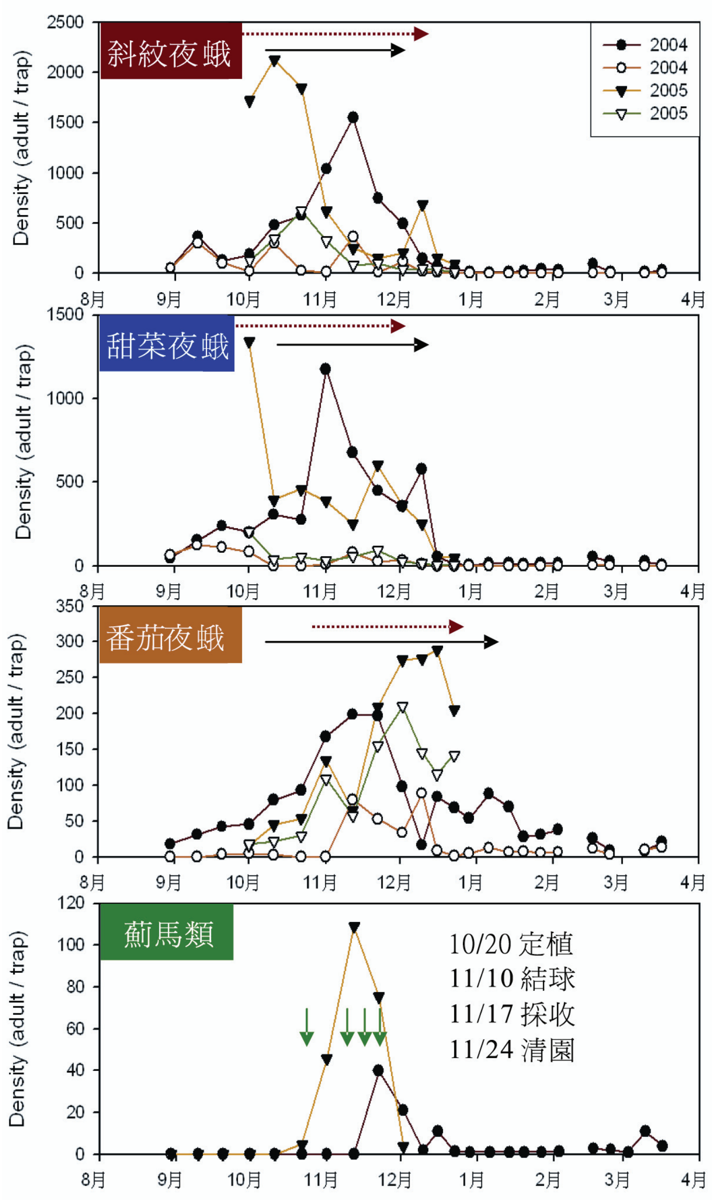


圖 4. 雲林縣外銷結球萵苣產區夜蛾類及薊馬之密度消長概況。

「大面積誘殺防治」係以壓低栽培區害蟲密度為主，作物相單純地區因長期實施誘殺，害蟲密度甚低，可大幅減少農藥使用；作物相較複雜地區，則可於栽種前於栽培區及外圍緩衝區全面進行誘殺，以降低局部密度並誘殺由鄰近入侵的害蟲。

雲林縣結球萵苣主要種植期為 9 月至次年 3 月，外銷主力期為 10 月至隔年 2 月。由於防治區鄰近作物相複雜，田間管理良好與否直接影響到夜蛾類發生密度，故誘殺防治以萵苣生產期為主，並建立外圍緩衝區，以兩道防線避免鄰近夜蛾入侵危害。部份合作農場為防止鄰近作物上斜紋夜蛾的入侵，自行雇工於萵苣田周邊道路及夜蛾嚴重危害的菜園懸掛誘蟲盒，積極防堵夜蛾類繁殖及遷移危害，成效顯者。

防治規範及注意事項：

1. 密度監測：每年 8 月至隔年 3 月，每 7-10 天調查害蟲密度一次。
2. 誘殺範圍：萵苣栽培區、外圍帶狀緩衝區、週邊道路及防治不善之菜園。
3. 誘殺期間：每年 9 月『萵苣定植後』開始全面誘殺，以壓低 10-12 月的密度高峰。
4. 誘蟲盒種類及設置個數：防治對象為斜紋夜蛾、甜菜夜蛾及番茄夜蛾，每公頃每種夜蛾設置「5-10」個誘蟲盒。三種夜蛾之誘蟲盒可排成三列，每列間隔 15-20 公尺。
5. 誘蟲盒設置位置：設置高度為作物上方 50-100 公分處，或離地面 1-1.5 公尺。
6. 誘劑顏色及更換時間：斜紋夜蛾誘劑為「紅色」、甜菜夜蛾誘劑為「藍色」、番茄夜蛾為「橙色」，每 1.5 個月更換誘劑一次。
7. 應注意鄰近屆採收作物上夜蛾類的遷移情形，隨時監測誘殺數量的變化。
8. 依密度監測結果，機動加強藥劑防治，避免造成疫情。

四、甜柿產區：斜紋夜蛾之誘殺防治

夜蛾類危害台灣蔬菜、雜糧及花卉等作物已有 20 餘年，以往危害地區多屬平地，梨山地區農友曾多次反映高冷蔬菜受到斜紋夜蛾危

害，但在果樹造成為害，甜柿為首例。目前全省甜柿栽培面積約兩千多公頃，台中縣即占六成以上，僅和平鄉種植面積即達 1,000 公頃。92 年間，和平鄉摩天嶺地區之甜柿發生斜紋夜蛾嚴重啃食葉片成災，經藥毒所緊急洽詢農試所協助，立即整合產銷班實施性費洛蒙誘殺防治，成效卓著。目前，於春季新梢期起實施斜紋夜蛾性費洛蒙誘殺防治，已成為重要的防治措施之一，台中縣果樹產銷班自行辦理斜紋夜蛾誘殺防治者包括和平鄉桃產銷班、和平鄉甜柿產銷班與東勢鎮甜柿產銷班，實施面積一百餘公頃。

為瞭解斜紋夜蛾及甜菜夜蛾於中高海拔地區發生消長情形，92 年 8 月至次年 6 月間，和平鄉甜柿產銷班第三班班員於 7 處果園監測此兩種害蟲的密度，範圍為摩天嶺地區，每十天回報誘得蟲數。累積近一年的密度資料顯示，摩天嶺地區斜紋夜蛾每年之發生始於 5 月，9-10 月起呈現高峰並持續到 12 月，旬平均誘蟲數為 40-60 隻，與同時期台灣 32 個監測點於 6-10 月密度消長偏高之情形相符(圖 5)。甜菜夜蛾之旬誘蟲數均在 10 隻以下，10-11 月密度略高於其他時期，並未傳出災情(高等, 2004)。

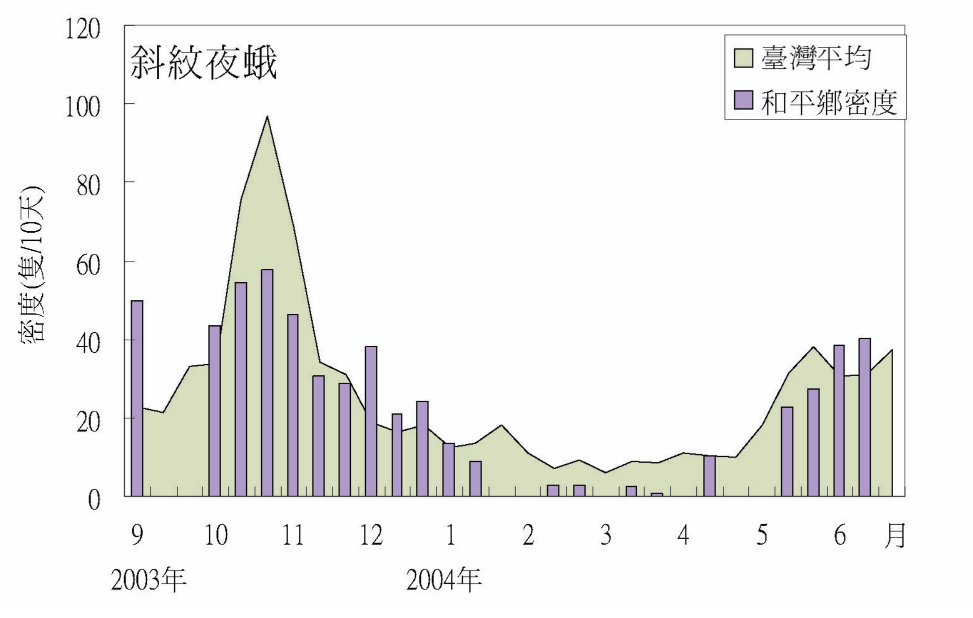


圖 5. 2003-2004 年和平鄉斜紋夜蛾密度消長情形。

山區果園經常為多種果樹相鄰，如果斜紋夜蛾為該地區普遍發生的害蟲，建議結合甜柿及相鄰果樹區實施大面積的聯合防治，擴大誘殺範圍，以降低斜紋夜蛾密度。提前於萌芽期或全年進行大面積性費洛蒙誘殺，可壓低栽培區害蟲密度。雜食的斜紋夜蛾亦偏好雜糧、蔬菜、花卉等作物，應密切注意此蛾之遷移動向。夜蛾類害蟲容易產生抗藥性，可配合密度監測結果適時進行藥劑防治，並輪用不同類別藥劑以減緩抗藥性發生。

防治規範及注意事項：

1. 密度監測：全年，每 7-10 天調查害蟲密度一次。
2. 誘殺範圍：甜柿及鄰近易受危害之果園。
3. 誘殺期間：全年或每年 4 - 12 月。
4. 誘蟲盒設置密度：每公頃設置斜紋夜蛾誘蟲盒 10 個。
5. 設置位置及高度：設置於通風良好的果樹上或道路兩旁固定支柱，離地面 1-1.5 公尺。
6. 誘劑顏色及更換時間：斜紋夜蛾誘劑為「紅色」，每隔 1-1.5 個月更換誘劑一次。

五、鮮食葡萄產區：斜紋夜蛾之誘殺防治

台灣葡萄種植面積約 3,326 公頃(農業統計年報, 2005)，其中鮮食葡萄面積約 2,200 公頃，以巨峰葡萄為大宗，蜜紅葡萄及義大利兩品種只占少數。鮮食葡萄通常為一年兩收，巨峰葡萄夏果期在 6-8 月，屬正產期，產量較多；冬果期在 11 月至翌年 2 月，果實著色較佳且品質較好。南投縣信義及水里鄉部分果農將產期調節至中秋節附近(9-10 月)，僅採收秋果。3-5 月雖然露天栽培無法供果，但是部份果農利用塑膠布防寒設施生產早春葡萄，故幾乎全年皆有葡萄生產。

93 年度台中區農業改良場轄區多處鄉鎮傳出葡萄園受斜紋夜蛾危害之疫情，葉片遭嚴重啃食影響生長勢。後經該場積極輔導，94 年卓蘭地區採用性費洛蒙進行誘殺面積即達 200 公頃，斜紋夜蛾密度明顯

下降，已納入正規蟲害防治規範。此外，新社鄉白毛台地區兩個產銷班以生產高優質葡萄外銷日本而聞名，使用性費洛蒙誘殺後，斜紋夜蛾用藥防治次數銳減，大幅減少防治成本及農藥殘留問題(白桂芳, 2006)。

防治規範及注意事項：

1. 密度監測：全年或栽種期間，每 7-10 天調查害蟲密度一次。
2. 誘殺範圍：葡萄園。
3. 誘殺期間：全年或每年 4 - 12 月。
4. 誘蟲盒設置密度：每公頃設置斜紋夜蛾誘蟲盒 5-10 個。
5. 設置位置及高度：設置於通風良好的果樹上或道路兩旁固定支柱。
6. 誘劑顏色及更換時間：斜紋夜蛾誘劑為「紅色」，每隔 1-1.5 個月更換誘劑一次。

結語

利用昆蟲性費洛蒙大量誘殺工作在台灣實施 20 多年，具有零汙染、操作簡便、價格低廉及可與其他防治技術整合運用的優點，為農民接受度最高及應用最廣的非農藥防治技術(黃及陳, 1993)。歷經多年示範應用，大面積誘殺防治技術在部份作物及地區，確實可以達到壓低害蟲密度及農藥減量的目標，亦能符合消費者對農產品高安全品質之要求。為發揮性費洛蒙誘殺防治的最佳效果，「大面積實施」及「於作物栽培前期使用」為不二法門。藉由誘殺及監測害蟲密度，可以瞭解害蟲消長近況，隨時掌握防治的最佳時機。

由於病蟲害種類繁多，誘殺防治雖能降低關鍵害蟲之危害，減少農藥使用次數，但仍無法完全取代藥劑防治。92-93 年間採集三星鄉、大甲鎮、溪湖鎮、雲林縣及屏東縣的夜蛾類，測試幼蟲對有機磷劑、氨基甲酸鹽劑、合成除蟲菊精劑及各類新型殺蟲劑的敏感度顯示，因滅汀及克凡派對三種夜蛾類仍具優良防治效果。甜菜夜蛾對受測之有機磷劑、氨基甲酸鹽、合成除蟲菊精劑及蘇力菌已產生嚴重抗藥性；

番茄夜蛾及斜紋夜蛾對合成除蟲菊精劑有中至嚴重抗藥性，對其他類別藥劑抗性輕微至中等(高靜華, 2006)。畢芬寧及部份合成除蟲菊精劑具有殺卵作用，可善加利用(Cheng *et al.*, 1988)。惟有落實誘殺防治並慎選有效防治藥劑方能確保最佳防治成效。

參考文獻

Cheng, E. Y. and C. H. Kao. 1993. Insecticide resistance study in *Spodoptera exigua* (Hübner) I. Detecting the resistance in a general survey. J. Agric. Res. China 42: 396-402.

Cheng, E. Y., C. H. Kao, W. Y. Su and C. N. Chen. 1996. The application of insect sex pheromone for crop pest management in Taiwan. *in* Proceedings of “International Symposium on Insect Pest Control with Pheromone” pp. 29-47. Suwon, Korea.

Cheng, E. Y., W. T. Lu, W. G. Lin, D. F. Lin and T. C. Tsai. 1988. Effective control of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), on green onion by the ovicidal action of bifenthrin. J. Agric. Res. China 37: 320-327.

Mitchell, E. R., H. Sugie and J. H. Tumlinson. 1983. *Spodoptera exigua*: Capture of feral males in traps baited with blends of pheromone components. J. Chem. Ecol. 9: 95-104.

白桂芳。2006。私人通訊。

高靜華。2006。未發表資料。

高靜華、鄭允、黃毓斌、江明耀。2004。 甜柿蟲害管理.甜柿栽培技術與經營管理研討會專集。台中區農業改良場特刊第 71 號 249-270。台中場。

黃玉瓊、陳漢洋。1993。蔬菜保護工作現況問卷調查。蔬菜保護研討會專刊 307-322。中華植物保護學會，台中縣，台灣。

農業統計年報。2005。94 年版 (http://www.coa.gov.tw /view.php ?catid=8908)。

鄭允。1989。昆蟲性費洛蒙的田間應用。有機農業研討會專刊 157-181。台中區農業改良場，彰化縣大村，台灣。

鄭允、林端方、高靜華、陳先明、王雪香、李新傳。1985。甜菜夜蛾合成性費洛蒙之研究 I. Mitchell 配方效能檢定。中華農業研究 34: 315-322。

鄭允、蘇文瀛、陳秋男、林文庚、林端方、蔡湯瓊。1989。蔥田甜菜夜蛾性費洛蒙之應用。重要蔬菜害蟲綜合防治研討會專刊，中華昆蟲特刊第 4 號 43-79。台北市，台灣。

蘇文瀛、鄭允、陳秋男。1992。昆蟲性費洛蒙誘蟲資料之分析與統計預測。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 43-79。中華植物保護學會，台中縣，台灣。

作物抗蟲品種的開發與利用

鄭清煥　黃守宏

利用抗蟲作物品種防治害蟲是一種很古老的植物保護方法，在馴化野生植物成為栽培作物以前，對害蟲不具抗性個體常於其結種子前即被危害死亡，而能幸運存活下來的對害蟲則具有不同程度的抵抗性。這種自然汰選現象一直存在生物界，即使在早期農業，人們在尚未有效防治病蟲害以前，亦選擇發育良好，產量較佳且未受明顯病、蟲危害的植株採種。事實上，任何一種生物，包括農作物及害蟲，個體間遺傳基因的表現並非完全一樣，就如在台灣的栽培稻，在分類上同屬一種(species)，但品種間的農藝性狀：如株高、葉長、寬，顏色、米粒的溶膠澱粉含量、長短、透明度及顏色等等，以及對病蟲害及不良環境的感受性均有差異，而這些特性則都受各品種的遺傳基因所控制。當一種生物，不論是植物或害蟲，遭受外界壓力時，適者生存，而不適者即被淘汰；而寄主植物對寄生者的防衛機制與寄生者的適應能力交互作用的演化亦持續存在，形成所謂的生物共同演化(coevolution)現象(Strong, 1979)。然而當人為操作介入此一自然演化後，如利用殺蟲藥劑防治害蟲，只追求高產、質優的作物品種，而忽略其對病、害蟲的抵抗性，致使在 20 世紀中後期育成的大部分作物品種之抗蟲性幾乎消失殆盡。

利用抗蟲品種於害蟲防治，在歷史上最有名者莫過於在 18 世紀末至 19 世紀中，於美國因小麥癭蚊(*Mayetiola destructor* (Say))的嚴重危害，難以利用其他方法防治，終因抗蟲品種的開發與運用而獲得控制；其次為 19 世紀中葉，法國栽培的葡萄因根瘤蚜(*Phylloxera vitifolae* (Fitch))的嚴重危害，而導致其葡萄酒產業幾乎完全瓦解，其後幸自美國引入高度抗根瘤蚜的品種為根砧而獲得解決(Balachowsky, 1951; Painter, 1951; Everson & Gallun, 1980)。如此成功地利用抗蟲品種來防治害蟲的例子，在 20 世紀中期以前為數甚少；其後因發現過度使用殺蟲劑引起害蟲對藥劑產生抗藥性，以及產生殘毒污染生態環境後，抗蟲

品種的應用始被從新重視。自此之後，在短短的 50 餘年，在美國即有 400 個以上的抗蟲品種被命名，其中約有 100 個抗蟲品種被廣泛栽培，而全世界栽植的抗蟲品種則超過 200 個以上(Smith, 1989)。迄至目前為止，栽植抗蟲品種大多屬於糧食(含雜糧)作物，纖維作物和牧草等，至於水果和蔬菜等較注重商品外表品質的作物則為數甚少。惟在目前由於許多國際性研究機構，如國際稻米研究所、亞洲蔬菜研究發展中心等專業的作物研究機構，均有蒐集、保存全世界各地的種源，並已篩選出對多種病、害蟲具有不同程度抵抗性的種源，使抗蟲種源之蒐集更為方便，假以時日，相信抗蟲品種的育成將會逐年增加(Panda & Khush, 1995; Smith, 1989)。本文僅就抗蟲作物品種的開發與應用及其利弊加以介紹，供作農業永續經營之參考。

『抗蟲品種』的定義及其抗蟲的機制

抗蟲品種是指一種作物的品種，因含有某種可遺傳的基因，使其在同一環境下對一種或幾種害蟲的危害較沒有含該種遺傳基因的品種為輕微謂之。因此所謂抗蟲或感蟲是一種相對的特性，抗蟲的程度是與感蟲品種被害程度比較的結果，而非絕對性的(Painter, 1951; Smith, 1989)。抗蟲程度的等級可能略受光、溫、溼度及土壤肥力等之影響，但不致完全變更。某些作物之抗蟲性狀亦可能受其生長期的影響，如玉米對玉米螟(*Ostrinia nubilalis* (Hübner))的抵抗性，有些品種只表現於雄花抽出前之營養生長期，有些則表現在雄花抽出後之繁殖生長期，兩者受不同基因所支配(Smith, 1989)。又如若干水稻品種，在秧苗期並不抗褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* (Stål))，但在分蘗期後即表現抗蟲現象。此種在植株成長後始表現抗蟲性狀者稱為「成株抗蟲型」或「田間抗蟲型」(鄭, 1985；Chelliah *et al*., 1981)。此外，在某些情況下植株因害蟲密度太低，或因逃避害蟲的危害期而擬似抗蟲性狀者稱為「偽抗性」。

作物的抗蟲機制，一般可區分為抗生性(antibiosis)，非偏好性(non-preference)或抗棲性(antixenosis)，及容忍性等(tolerance)(Painter, 1951; Smith, 1989; Horber, 1980)。抗生性是指寄主植物含有對害蟲之生存、發育及繁殖具有阻礙之因子，可致使害蟲之大量死亡，發育不正

常，體重下降及繁殖率下降等現象。導致上述現象的原因可能是生物物理因素，亦可能是生物化學因素。前者如植物的組織、結構阻礙害蟲的取食，或因植物被害後產生過敏，周圍組織快速死亡或增生，而使害蟲無法存活；而後者是因植物含有對害蟲生理具有阻礙之化學物質(次代謝物質)，或植物缺乏害蟲生長或繁殖所需之營養物質，或所含之營養物質因結構性的變異而使害蟲無法利用，影響害蟲之生長及生存。

非偏好性或稱為抗棲性是指寄主植物含有害蟲不喜歡在植株上棲息、取食或產卵的因子。這些因子大體上可分為植物形態的物理因子及植物含有的化學因子。前者如植物表皮層之結構，阻礙害蟲取食或產卵；後者如植物缺乏害蟲取食之刺激物質，或含有忌避物質，或阻礙害蟲取食或產卵之次代謝物質。抗蟲植物具非偏好特性者，也是植物為防禦害蟲危害的一種演化。此種特性對害蟲的生存壓力雖不如具抗生性植物，但卻可迫使害蟲遷離而達到降低蟲害的目的。

植物對害蟲危害的容忍性，也是受遺傳因子所支配的一種抵禦害蟲的特性，可使植物本身更有能力承受害蟲的危害而能快速復原。容忍性只是植物的一種特性，與害蟲取食或食物利用並無關連，因此對害蟲的族群的增長並無影響。植物對害蟲危害之容忍的機制迄今研究尚少，可能與植物的光合作用能力及再生能力有關。

作物的抗蟲機制雖可區分上述三種，但三種機制可能各自獨立於一抗蟲品種，亦可能同時並存於一個抗蟲品種，尤其是抗生與非偏好兩種抗蟲機制在試驗上常難以清晰分辨，如含有強烈取食忌避物質的非偏好抗蟲品種，其抗蟲表現與含有抗生物質者極為相似。

作物的抗蟲性狀係受遺傳基因所控制，可能受單主效基因(major monogene)所支配，亦可能受一主效基因及附加或修飾因子(additive genes or modifier)，或數量微效基因(minor polygenes)所控制。抗蟲性狀由單主效因子所控制者一般稱為直式抗性(vertical resistance)，抗蟲程度較強，較容易藉雜交育種程序將抗蟲基因轉移至優質的栽培品種；但若大面積連續栽植由同一主效基因所支配的抗蟲品種，較易產生有害

生物小種(virulent biotypes)。另一方面，抗蟲性狀由數量微效基因所支配者，又稱為橫式抗性(horizontal resistance)，其抗蟲程度通常介於中抗至微抗，在育種程序上較為複雜，但其抗蟲性狀較為穩定，不易產生有害生物小種(Horber, 1980; Smith, 1989; Panda & Khush, 1995)。

抗蟲作物品種的開發

抗蟲作物品種的開發是一條漫長而繁複的工作，需有相當的條件配合才能完成。首先，此項工作至少應有育種及昆蟲專家的充分合作，若有遺傳、栽培、生化及病理專家加入團隊，可使研究開發工作更臻完善(Painter, 1951; Panda & Khush, 1995)。育種專家負責種源的蒐集與繁殖、雜交育種，後代性狀選拔以及抗蟲品種的管理；而昆蟲專家則需瞭解害蟲的生物、生態學及取食、危害行為、害蟲大量繁殖及抗蟲品種(系)篩選技術的建立，種源及雜交後代的抗蟲篩選，抗蟲機制研究，新育成品種在田間之抗蟲表現以及害蟲生物小種的偵察及對策因應等。種源的蒐集以獲得抗蟲基因的歧異性較大者為佳，由該等材料中篩選，獲得不同背景之抗蟲基因的機率較大。由同種作物的種源中無法獲得抗蟲性者，亦可由近緣種植物篩檢，或藉由基因轉殖技術培育，但除直接利用雜交第一代栽培者外，獲得抗蟲品種之繁複性較傳統性的種內雜交為大，需時更久(鄭, 1992；Painter, 1951; Smith, 1989)。此外，從事抗蟲育種的另一難題為大量提供同品質之害蟲，以供篩檢及鑑定抗蟲種源及篩檢抗蟲育種的雜交後代品系。害蟲大量飼育除可用天然寄主植物為材料外，亦可使用人工飼料。前者需在隔離環境下大量栽植管理，費時費工；而後者雖可在室內舒適的環境下飼育，管理較為方便，但飼料配方是否可育出品質與行為不變的蟲體，得預先評估(Guthrie *et al*., 1974)。由於害蟲大量飼育不易，已成為培育抗蟲品種的最大瓶頸，是為抗病作物品種多於抗蟲品種的主要原因。

抗蟲作物品種在蟲害防治上之利用及其利弊

抗蟲作物品種無論其抗蟲機制是抗生或抗棲性，均可降低害蟲在作物上之危害程度。然而由於各種作物之重要害蟲種數不同，對害蟲危害的容忍程度亦有差異，以及作物的商品價值和被利用方式均不盡

相同，因此抗蟲品種被利用於蟲害防治方式亦有差異。一般而言，其利用方式可歸納為當作主要治蟲方法，以及與其他治蟲方法配合應用於害蟲綜合防治體系等兩種(Painter, 1951; Pathak, 1970)。

利用抗蟲品種作為主要治蟲方法，對於食性較專一性者較有希望。如前述在法國利用抗根瘤蚜之美國葡萄為根砧而克服了該蟲的嚴重危害；在美國利用抗蟲品種成功地防治蘋果棉蚜蟲(*Eriosoma lanigerum* (Hausmann))、苜蓿蚜(*Therioaphis maculata* (Buckton))、麥癭蚊、麥葉蜂(*Cephus cinctus* Norton)以及歐洲玉米螟等難防治害蟲(Painter, 1951; Maxwell *et al*., 1972)；在非洲及澳洲則利用抗蟲品種克服了難防治的棉花小綠葉蟬(*Empoasca* spp.)及高粱綠蚜(*Schizaphis graminum* (Rodani))等；而在亞洲則利用抗蟲品種緩和了嚴重危害水稻的褐飛蝨。上述案例均為使用抗蟲性較高的品種以克服一種難以使用殺蟲劑防治的害蟲。但高度抗蟲的作物品種畢竟只有少數，而多數屬於中等抗性者需與其他防治方法配合應用，才能有效地將害蟲之族群密度抑制於經濟危害基準之下。利用抗蟲品種為作物害蟲綜合防治之基本要素，最大的優點有下類幾項：(1)對害蟲的作用具專一性、持續性和累積性，(2)配合其他任何防治方法應用具有互補性而少有不良之相剋作用，(3)對人、畜、野生動物及生態環境無不良之副作用，(4)不增加生產者額外操作及費用，(5)避免作物因防治不當而遭受嚴重蟲害之風險，穩定作物生產(Panda & Khush, 1995; Kogan, 1982)。

栽植抗蟲品種，不管其抗蟲程度是中或低，對害蟲族群的快速增長均有不同程度的抑制作用，而使耕作防治、生物防治或藥劑防治變得更有效率，尤其是生物防治，它必需在適當的害蟲與天敵比例情況下，才能有效地抑制害蟲族群之增長(Stapley, 1976; Ooi & Shepard, 1994)。當害蟲族群之增長可藉天敵加以抑制時，則藥劑防治變為不需要或可大量地減少，害蟲防治即可明顯地較栽植感蟲品種為簡便。類似此種報告，已有許多文獻可查。

利用抗蟲品種於蟲害防治雖有諸多優點，但無可諱言的亦有其缺點，除了培育一種可被栽培者樂於接受的抗蟲品種頗為費時，需有政策及經費的持續支持；抗蟲品種之物理性或化學性抗蟲機制有時可能

妨礙作物產品之利用或商品價值，以及對一種害蟲具抗性的品種可能是其他某種有害生物的極感性品種等等(Panda & Khush, 1995)，而其最大的缺點是當由同一種抗蟲基因所支配之抗蟲品種在大面積連續栽植後，容易產生有害生物小種，而使原來的抗蟲品種喪失對該蟲的抑制效力(Painter, 1951; Gallun, 1972)。一般而言，由單主效基因所支配的抗蟲品種，較易產生有害生理小種，如在國際稻米研究所育成抗褐飛蝨的抗蟲品種 IR 26(含 Bph1 基因)在東南亞大面積栽培後 3 至 5 年，即因產生有害生理小種 biotype 2 而崩潰，不得不改推廣含有 bph2 基因之稻種 IR32 以資對抗(Khush, 1977, 1979; Panda & Khush, 1995)。似此種因抗蟲品種的壓力選汰而產生有害生理小種的現象，迄至目前有紀錄之害蟲已達 14 種，其中有 9 種為可行孤雌生殖的蚜蟲，其他 5 種為稻癭蠅(*Orseolia oryzae* (Wood-Mason))、麥癭蠅、褐飛蝨、偽黑尾葉蟬(*Nephottetix cincticeps* Uhler)及台灣黑尾葉蟬(*Nephottetix virescens* Dist.)等(鄭, 1975; Cheng, 1985; Wilbert, 1980; Panda & Khush, 1995)。事實上，這種寄主植物與有害生物(無論是病菌或害蟲)的基因對基因的共同演化現象，一直存在於自然界，只是因人為因素：如大面積連續栽植同一抗性品種，而加速其演化的進展。避免有害生物小種的產生，可利用(1)避免大面積同時栽植由同一抗性基因所支配之抗性品種，(2)使用多品系品種，(3)在同一品種轉入兩個主效基因或主效基因及附加基因，(4)育成由數量微效因子所支配之抗性品種等加以克服，(5)陸續釋放由不同主效基因所支配之抗蟲品種(Panda & Khush, 1995)。

台灣抗蟲品種之開發與利用

在台灣，有關抗蟲品種的研究於何時開始已難考據，從文獻上由 1960 年代迄至目前為止，已有 12 種作物對 36 種害蟲之抗蟲性進行過篩選工作，但只有 6 種作物對 8 種害蟲曾從事抗蟲育種工作，其中只有水稻抗褐飛蝨，高粱抗黍蚜及玉米抗亞洲玉米螟等曾實際有抗蟲品種之育成(鄭, 1991)。抗蟲品種工作進展緩慢之主要原因在於一般認為大多數害蟲均可使用藥劑防治，因此在政策及經費上也就無法獲得有力持續的支援，阻礙了參與人員的熱忱。茲將已育成應用於經濟栽培之抗蟲作物品種簡介如下：

一、抵抗褐飛蝨水稻品種

褐飛蝨為 1960 年代至 1980 年代亞太地區水稻的主要害蟲；台灣在該期間，於一期稻被害面積由 1 萬至 3 萬餘公頃，二期稻更由 4 萬至 11 萬餘公頃(蕭等, 1985)。由於該蟲繁殖快速，成、若蟲均棲息於稻叢基部取食危害，稍疏防治或防治不當，常導致水稻局部或全部枯萎倒伏，俗稱「蝨燒」。由於當時栽植之稻種均為感蟲性品種，加之為增產而施用重肥，形成極有利於該蟲的繁殖條件，農友為防治此一害蟲，常需噴藥 4 至 6 次，方可保護水稻之免於遭受肆虐(鄭, 1980)。有鑑於此，農業試驗所嘉義分所自國際稻米研究所引入抗蟲種源，並著手進行水稻抗蟲育種工作。第一個秈稻和稉稻抗褐飛蝨品種分別於 1973 及 1983 年命名推廣(Chang & Cheng, 1974; 張, 1982)，其後抗褐飛蝨稻種陸續育成，至目前為止，推廣之抗蟲品種共有秈稻 14 種、稉稻 11 種、秈糯 3 種及稉糯 5 種(鄭, 2002)(表一)。有人認為抗蟲稻種米質可能較差，不易為農民所接受，但事實上，如台中秈 10 號、台農秈 22 號、台農 68、70、72 號、台稉 2、16 號等均屬良質米等級。農民所要求者是抗蟲品種除米質外，其產量不能少於感蟲稻種使用農藥防治所獲得的生產量。

栽植對褐飛蝨具有高抵抗性的稻種，如台農 69 號、台稉 16 號及台農秈 20 號等對褐飛蝨之危害，無需藥劑處理即可獲得完全控制(圖 1)；屬於中等抗性之稻種，如台中秈 10 號、台稉 2 號等，則每期作至少可減少一半以上的施藥次數，隨褐飛蝨之發生的嚴重性而異(鄭, 1995；Cheng & Chang, 1979)。在東南亞許多國家遭受極為嚴重的褐飛蝨危害，均因栽植抗蟲品種而獲得控制，並使此一害蟲自 1980 年代後期即逐漸趨於緩和。

二、抵抗白背飛蝨及斑飛蝨的水稻品種

白背飛蝨(*Sogatella furcifera* (Horvath))與褐飛蝨同屬遷移性害蟲，在中國大陸及北越等地區大面積栽植抗褐飛蝨的雜交稻後，白背飛蝨漸取代褐飛蝨而成為主要害蟲。台灣在 2000 年後亦逐漸受波及，而成為二期稻之重要害蟲。斑飛蝨(*Laodelphax striatellus* Fallen)是為留居性

表一、台灣育成水稻對褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨抵抗性品種

品種	褐飛蝨	白背飛蝨	斑飛蝨	品種	褐飛蝨	白背飛蝨	斑飛蝨
台農 68 號	MR	S	S	台中秈 3 號	S	MR	R
台農 69 號	R	R	MR	台中秈 5 號	S	MR	R
台農 70 號	MR	MR	S	高雄秈 7 號	R	S	S
台農 72 號	R	S	R	台農秈 12 號	R	-	R
台稉 1 號	MR	-	-	台中秈 10 號	MR	S	R
台稉 2 號	MR	MR	S	台南秈 15 號	S	S	MR
台稉 5 號	MR	S	S	台中秈 16 號	MR	R	R
台稉 13 號	MR	S	S	台農秈 14 號	R	MR	R
台稉 16 號	R	R	R	台農秈 18 號	R	MR	MR
台東 30 號	R	MR	S	台農秈 19 號	R	MR	R
台南糯 10 號	R	S	S	台中秈 17 號	R	S	MR
高雄 144 號	S	MR	S	台農秈 20 號	R	S	R
桃園 3 號	S	MR	MR	台秈 1 號	MR	S	R
台南 11 號	MR	MR	R	台秈 2 號	MR	S	MR
台農糯 73 號	MR	MR	MR	台農秈糯2號	R	S	MR
台東糯 31 號	MR	MR	MR	台中秈糯1號	R	MR	R
台中秈 2 號	S	S	MR	台農秈 22 號	MR	S	MR
嘉農秈 6 號	S	R	R	高雄秈糯8號	MR	MR	MR
嘉農秈 8 號	S	MR	R				
嘉農秈 11 號	R	R	R				

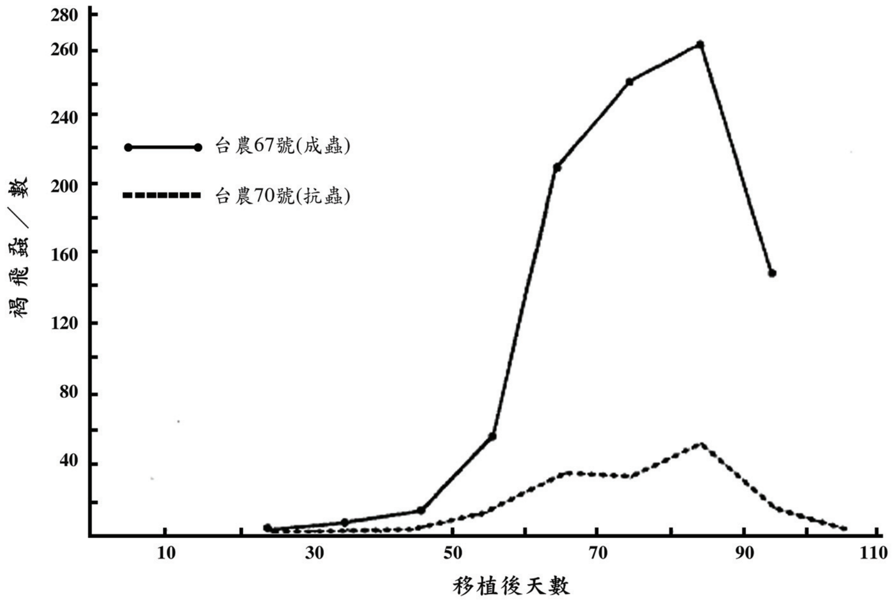


圖 1. 褐飛蝨在中等抗蟲及感蟲水稻品種之族群成長比較。

害蟲，除成、若蟲於水稻抽穗後麇集於稻穗吸取養液危害，導致穀粒不稔或發育不良外，並可傳播稻縞葉枯病，為台灣水稻重要害蟲之一。過去在台灣雖曾經對白背飛蝨及斑飛蝨之抗蟲種源進行篩選，但尚無專為該兩種飛蝨之防治而進行抗蟲育種。惟由新育成之水稻品系對該兩種飛蝨之抗蟲性檢定時，發現有若干品系對白背飛蝨或斑飛蝨具有抗蟲性，其中部分品系已被命名推廣(鄭, 2002)(表一)。

三、抵抗稻細蟎的水稻品種

台灣中南部地區曾於1979年間遭受稻細蟎(*Steneotarsonemus spinki* Smiley)嚴重危害，引起穗梗扭曲、穀粒黑化不稔。當時台南及高雄區農業改良場曾對栽培品種對細蟎之抗性進行篩選，顯示有若干品種具有明顯之抗性，並推薦嘉農秈 11 號及台中秈 5 號於災區種植(方, 1980；李, 1980)。

四、抵抗亞洲玉米螟之玉米品種

亞洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* (Guenée))為台灣玉米栽培期中之主要害蟲，春作玉米若無適當防治，被害率常達 90%以上，食用玉米穗被害則失去商品價值。有鑑於在歐美地區以抗蟲品種防治歐洲玉米螟成功的事例，台南區農業改良場於 1970 年代開始從事玉米抗玉米螟育種工作，並於 1984 年後陸續育成台南 16、17、19 及 21 號(杜等, 1985；曾, 1991；曾與陳, 1995, 1999)；農業試驗所亦於 1997 年後推廣台農 3 及 4 號對玉米螟具有中等抗性的品種(何等, 1998；謝等, 2002)。上述抗蟲品種均於玉米輪生生長期才對玉米螟具有抗性(謝等, 1999)，在授粉期後即不具抗蟲性，在田間栽培時需配合寄生蜂之釋放，才可避免生長後期玉米穗之遭受危害(曾等, 1981)。

五、抵抗黍蚜之高粱品種

高粱栽培期中，以黍蚜(*Longiuguis sacchari* (Zehntner))之危害最為嚴重。台中區農業改良場因鑑於台灣栽培之品種對黍蚜均呈感蟲性，於 1972 年自美國引入抗蟲種源，並著手從事抗黍蚜育種工作，於 1977 年育成抗黍蚜、紋枯病、銹病及葉斑病之台中 5 號(林與陳, 1978)。其

後，台南區農業改良場於 1993 年育成中等抵抗黍蚜及葉斑病之台南 6 號(曾等, 1994)。在田間觀察，在抗蟲品種上黍蚜最高族群密度尚不到在感蟲品中上的一半，室內試驗觀察顯示，黍蚜在抗蟲品種上之若蟲發育期較在感蟲上者為長，但繁殖期則較之為短，而產仔數及若蟲的存活率則只有在感蟲品種上者的一半左右(張, 1981；張等, 1981)。

除上述作物已有抗蟲品種育成推廣農民栽植外，其他諸如甘藷、綠豆、番茄等作物亦已進入抗蟲育種程序，但均未見有良好之抗蟲品種推廣。

結論與展望

害蟲的發生密度是受蟲源密度、寄主的合適度以及環境的舒適度的綜合影響，其中有任何一個環節不能配合，則其發生密度就將受到限制。目前推行的害蟲綜合防治的概念即由此發展出來，即使用各種可能抑制害蟲的方法融合成為一個體系，將害蟲族群抑制於可能造成經濟危害損失之下。在此體系中，於環境因素相同的情況下，寄主作物對害蟲的抗或感性就成為影響害蟲發生程度的主要因素。由於栽植抗蟲品種並不增加任何費用於生產者，同時對人、畜及環境不具危險性，更可配合其他任何防治方法使用而獲得相乘的防治效力。在生態環境品質日益受重視，倡導農業永續經營的今日，抗蟲品種的開發與利用更顯重要。

然而以抗蟲品種作為防治策略的一環亦有其難以克服的困難，如抗蟲種源之獲得不易，害蟲的大量繁殖技術有待克服，育成一個可被農民接受的抗蟲品種曠日費時，且大面積推廣後難免會被產生之有害之生物小種所瓦解，以致前功盡棄。由此可知，若欲利用抗蟲品種為害蟲防治的基礎，需有一合作團隊在政策及經費的持續支持下方可達成。從國際上利用抗蟲品種於蟲害防治的事例中，不難發現無論在作物種或害蟲種類均在急速增加中。利用抗病、蟲品種除可降低作物之生產成本，增加國際競爭力外，同時亦可降低使用農藥對生態環境的衝擊。如國際稻米研究所已育成 15 種水稻品種同時對 7 至 8 種主要病

蟲害具中等以上之抵抗性，推廣於東南亞數百萬公頃水稻種植區(Panda & Khush, 1995)。栽植此類水稻品種，農民幾乎不需使用農藥即可獲得穩定的生產。惟上述之多抗性品種僅適於熱帶地區栽培之秈稻，並不適於台灣環境，適應於本地的品種有賴於本地自行發展。因此雖然一般都瞭解抗病、蟲作物品種具有很高的經濟價值，同時亦為作物永續栽培極為重要的一環，但若只瞭解而不付諸行動培育，那只好繼續望梅止渴了。

參考文獻

方新政。1980。水稻不稔症之發生原因及其防制試驗。植保會刊 22: 83-89。

何千里、謝光照、盧煌勝。1998。青割玉米單雜交種台農 3 號之育成。中農業研究 47(3): 189-203。

杜金池、曾清田、曾建銘、王清德。1985。雙雜交玉米台南 16 號之育成。台南農改場研究彙報 36: 20-36。

李新傳。1980。抗蟎害不稔症水稻品種田間篩選試驗。植保會刊 22: 91-100。

林薰生、陳國明。1978。新品種雜交高梁 - 台中五號。台灣農業 15: 46-51。

張念台。1981。高粱對黍蚜抗性之研究。植保會刊 23: 35-41。

張念台、蕭素碧、陳慶忠。1981。高粱對黍蚜抗性之研究。台中農改場研究彙報(新) 5: 81-91。

張萬來。1982。水稻台農 68 號。豐年 32(22): 37-38。

曾清田、鍾蒂月、詹珍桂。1981。玉米輪生期抗螟因子選拔(二)抗螟因子來源。台南農改場研究彙報 15: 37-41。

曾清田、陳振耕、曾建銘。1991。單雜交玉米新品種台南 17 號之育成。台南農改場研究會報 26: 22-31。

曾清田、楊靄華、黄俊杉。1994。雜交高粱新品種台南 6 號之育成。台南農改場研究會報 30: 43-60。

曾清田、陳振耕。1995。青割玉米品種台南 19 號之育成。台南農改場研究彙報 32: 1-22。

曾清田、陳振耕。1999。青割玉米品種台南 21 號之育成。台南農改場研究會報 36：20-36。

鄭清煥。1975。褐飛蝨之新生物小種及其與抗蟲品種間之相互作用。台灣農試所研究彙報 32: 29-41。

鄭清煥。1980。可能影響水稻害蟲藥劑防治效果及收益之若干因素。pp. 89-118。載於農藥研究專題討論會講稿集。

鄭清煥。1992。最近作物抗蟲育種研究技術之進展。載於病蟲害非農藥防治技術研討會專刊。163-174 頁。

鄭清煥。1985。田間抗蟲型稻種對褐飛蝨抵抗性檢定方法之研究。中華昆蟲 5: 11-18。

鄭清煥。1991。台灣作物抗蟲育種之研究與展望。pp. 99-126。載於近年來台灣昆蟲學之研究發展研討會專刊。中華昆蟲特刊第 7 號。

鄭清煥。1995。水稻害蟲之綜合防治。pp.166-178，載於永續農業研究及推廣研討會專輯。林與洪編。中華永續農業協會與台中農改場編印。

鄭清煥。2002。水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望。pp.9-38。載於台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊。程等編。農業試驗所嘉義分所編印。

謝光照、陳炳輝、何千里、盧煌勝。1999。台南白玉米自交系對亞洲玉米螟抗性之遺傳變異及其遺傳行為。中華農業研究 43(3): 24-32。

謝光照、何千里、盧煌勝、陳炳輝、蔡志濃、劉慧瑛。2002。食用白玉米台農 4 號之育成。中華農業研究 51(2): 1-16。

蕭榮福、范國洋、陳漢洋、謝忠能、李麗娟。1985。台灣省水稻病蟲害發生預測(1966-1984)。台灣省政府農林廳編印。382 pp。

Balachowsky, B. S. 1951. Lalutte contre les insects. Payot, Paris. 380 pp.

Chang, W. L., and C. H. Cheng. 1974. Sources of resistance and breeding rice for resistance to brown planthopper and bacterial leaf blight. Paper present to IRRC, April 22-25, 1974. 14 pp.

Chelliah, S., R. Velusamy, E. A. Heinrichs, and S. Murugesan. 1981. Moderate resistance in rice varieties to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal) - Methods of evaluation. Paper presented at IRRC, IRRI, Los Banos, Philippines. 15 pp.

Cheng, C. H. 1985. Interactions between the biotypes of brown planthopper and rice varieties. Jour. Agric. Res. China 34(3): 299-314.

Cheng, C. H., and W. L. Chang. 1979. Studies on varietal resistance to brown planthopper in Taiwan. p.251-257. in: Brown planthopper : Treat to rice production in Asia. IRRI, Los Banos, Philippines.

Everson, E. H., and R. L. Gallun. 1980. Breeding approaches in wheat. p. 513-533. in: Breeding plants resistance to insects, Maxwell & Jennings eds., John Wiley & Sons, New York.

Gallun, R. L. 1972. Genetic interrelationship between host plants and insects. J. Environ. Qual. 1: 259-265.

Gallun, R. L., and G. S. Khush. 1980. Genetic factors affecting expression and stability of resistance. p. 63-85. in: Breeding plants resistance to insects, Maxwell & Jenning ed., John Wiley & Sons, New York.

Guthrie, W. D., Y. S. Rathore, D. F. Cox, and G. L. Reed. 1974. European corn borer: Virulence on corn plants of larvae reared for different generation on meridic diet. J. Econ. Entomol. 67: 605-606.

Kartohardjono, A., and E. A. Heinrichs. 1984. Population of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal)(Homoptera : Dephacidae) and its predators on rice varieties with differing levels of resistance. Environ. Entomol. 13 : 359-365.

Kogan, M. 1982. Plant resistance in pest management. p. 93-134. in: Introduction to insect pest management, 2nd ed. R. L. Metcalf and W. H. Luckmann, eds. John Wiley and Sons, New York.

Heinrichs, E. A., L. T. Fabella, R. P. Basilio, C. W. Tu, and F. Medrano. 1984. Susceptibility of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae) to insecticides as influence by level of resistance in the host plant. Environ. Entomol. 13: 455-458.

Horber, E. 1980. Types and classification of resistance. p. 15-21. in: Breeding plants resistance to insects, Maxwell & Jennings, eds. John Wiley & Sons, New Youk.

Hu, G. W., J. Tang, and J. Y. Tang. 1991. Recent prevalence of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* Horvath in China. Plant Protection 46: 219-222. (in Japanese)

Khush, G. S. 1977. Disease and insect resistance in rice. Adv. Agron. 29: 265-341.

Khush, G. S. 1979. Genetic of and breeding for resistance to brown planthopper. p. 321-332. in: Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. IRRI, Los Banos, Philippines.

Khush, G. S. 1992. Selecting rice for simply inherited resistance. p. 303-346. in: Plant breeding in the 1990s. Stalker and Murphy eds. CAB International, Wallingford. UK.

Maxwell, F. G., J .N. Jenkins, and W. L. Parrott. 1972. Resistance of plants to insects. Advan. Agron. 24: 187-265.

Ooi, P. A. C., and B. M. Shepard. 1994. Predators and parasitoids of rice insect pests. p. 585-612. in: Biology and management of rice insects, Heinrichs E. A. edited, Wiley Eastern limited, New Delhi.

Painter, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. Macmillan, New York.

Panda, N., and G. S. Khush. 1995. Host plant resistance to insects. CAB International in association.

Parnell, F. K. 1935. Origin and development of the U_4 cotton. Empire cotton growing. Crop Rev. 12: 177-182.

Parnell, F. K., H. E. King, and D. F. Ruston. 1949. Jassid resistance and hairiness of the cotton plant. Bull. Entomol. Res. 39: 539-575.

Pathak, M. D. 1970. Genetic of plants in pest management. In concepts of pest management, R. L. Rabb and F. E. Guthrie, Eds. North Corolina university, Raleigh, pp.138-157.

Price, P. W., E. C. Bouton, P. Gross, B. A. Mcpheron, J. N. Thompson, and A. E. Weis. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Ann. Rev. Ecol. Systm. 11: 41-65.

Smith, C. M. 1989. Plant resistance to insects - A fundamental approach. John Wiley & Sons, New York.

Sogawa, K. 1991. Recent biological and ecological problems of the rice planthoppers. Plant Protection 46: 183-186.

Stapley, J. T. 1976. The brown planthopper and *Cyrtorhinus* spp. predators in the Solomon islands. Rice Entomol. Newsl. 4: 37.

Starks, K. J., R. Muniappan, and R. D. Eikenbary. 1972. Interaction between plant resistance and parasitism against the greenbug on barley and sorghum. Ann. Entomol. Soc. Am. 65: 650-655.

Strong Jr, D. R. 1979. Biogeographic dynamics of insect-host plant communities. Ann. Rev. Entomol. 24: 89-119.

van Emdem H. F., and C. H. Wearing. 1965. The role of aphis host plant in delaying economic damage level in crops. Ann. Appl. Biol. 56: 323-324.

Wilbert, H. 1980. The effect of resistant plants on pest population dynamics. Z. Angew. Entomol. 89: 298-314.

栽培管理在害蟲綜合防治上之應用

張淑貞

害蟲為害是作物種植的一大問題，耗費許多人力、物力，甚至引發農藥殘留問題，戕害人體健康，遺毒自然環境。各界無不費盡心思，尋找儘量不用藥劑的害蟲管理方式，加強田間衛生管理及使用合適的耕作技術，將可使害蟲防治工作達到事半功倍之效，直接提高農業產值及間接增進人類與自然環境的和諧相處。如加強田間前期作物的殘株管理，可降低作物種植初期的害蟲密度，減少用藥頻率；水田與旱作、蔬菜輪種，可避免前期作物害蟲禍延下期作物；慎選綠肥作物，避免共同害蟲；地面覆蓋塑膠布，減少薊馬、蚜蟲的棲息；移除園內及周遭雜草，可減少害蟲的中間寄主及棲息機會；作物種植前後進行土壤浸水處理，可殺死土壤害蟲；使用設施栽培，可隔絕大型害蟲侵入危害；果實套袋可直接保護果實，減少害蟲如果實蠅等之危害；果樹幹包覆，可避免象鼻蟲、扁蝸牛危害等。茲將為達植物保護，進行作物栽培管理時應注意的事項，詳述如下：

一、田間衛生

田間衛生首要之務在維持田園清潔，清園工作越確實，後續投入的田園管理成本、人力就可越加精簡。首先在種植前要特別留意清除前期殘株，加以焚燬、掩埋或清運離園，將有助於延緩害蟲侵入時間及數量(楊, 2000)。如蔬菜田尤其是連作田，前期殘株上常會殘存害蟲，可翻土掩埋、種植前淹水，都可降低土壤害蟲密度。水稻田殘株如稻樁是二化螟的越冬場所(何＆劉, 1970；劉, 1977)，應予焚燬或掩埋，或將其高度降低至地面，灌水略淹過稻樁經兩天後再整地，一方面讓天敵有逃離機會，一方面也可減少二化螟棲息機會(余＆吳, 2004；鄭, 2004)。梨園在冬季前的清園要徹底，落果、果袋及剪下的枝條要確實焚燬或運離果園，勿堆置於梨園內(圖 1)，可減少梨木蝨、害蟎越冬藏匿棲所，延緩其來年春天侵入時間及數量(張＆王, 2006)。清除果園內被果實蠅危害的果實，裝於塑膠袋內，以陽光曝曬悶死果實蠅幼蟲及

阻隔老熟幼蟲鑽入土中化蛹繁衍，可降低果園內果實蠅的密度(黃等, 1998)。再則果園內枝條要適時修剪，維持通風良好、日照充足，除可強壯樹勢外，亦可減少介殼蟲危害狀況(劉&劉, 2000)。作物連作時尤須注意徹底清園及清除園中所有中間寄主作物。

二、輪作

同一農地選用不同種類作物輪流種植，稱為輪作，輪作時可包括一種豆類作物，以便增加土壤肥力。害蟲對不同類別的作物會有偏好性，輪種不同類別的作物，可改變作物、土壤的生態環境，避免前期作物害蟲禍延下一期作物。水、旱田輪種時，水稻上的主要害蟲如飛蝨類的褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、黑尾葉蟬，螟蛾類的三化螟、二化螟、瘤野螟，以及稻細蟎、水稻象鼻蟲、負泥蟲等害蟲食性都很專一，不會危害其他蔬菜作物，因此很適合與蔬菜作物輪作。

三、間作

間作是將兩種或兩種以上不同作物，在同時間內，同時種在同一塊農地，因作物高度不同可提高光的利用率，常見有高大作物禾穀類玉米及低矮作物豆類的間作，禾穀類玉米與薯類甘薯、馬鈴薯的間作等。如蚜蟲喜棲於高莖作物，可在洋香瓜園內，間作玉米，將瓜園之棉蚜、桃蚜誘至玉米，再剷除玉米，減少害蟲危害(陳&張, 2004)。柑橘與花生間作，可提升土壤氮肥，二者害蟲相不同，亦不會有互相感染之虞(圖 2)。

圖 1. 枝條棄置梨園易成梨木蝨躲避處所。

圖 2. 柑橘與花生間作可提升土壤氮肥。

四、綠肥作物

避免選擇種植與前、後期作物相類似的綠肥作物種類，以免前期作物殘存害蟲得以擴張，非但無法收綠肥增強地利之效，下一期作物亦容易被嚴重危害。如十字花科蔬菜區不宜以油菜做綠肥，紋白蝶、斑潛蠅及蚜蟲會同時危害此二者(陳＆張, 2004)；綠肥田菁、太陽麻之斜紋夜盜、甜菜夜蛾、象鼻蟲危害猖獗(圖 3)，且此類害蟲皆屬雜食性、寄主範圍廣，應避免種在蔬菜、豆科、葫蘆科、瓜園、文旦園及蓮花產區周遭(石等, 2006；陳＆張, 2004)。果樹則因栽培期長，如梨樹只適於休眠期間種植綠肥作物，可抑制雜草、避免水土流失、吸收多餘肥料改善土壤(袁＆蔣, 2000)，但應特別慎選綠肥種類，避免成為害蟲、害蟎的越冬場所。

圖 3. 象鼻蟲取食文旦園旁的綠肥太陽麻。

圖 4. 草莓園覆蓋塑膠布可忌避薊馬棲息。

五、地面覆蓋與雜草管理

地面覆蓋可分為地面覆蓋塑膠布與地面種植雜草進行草生栽培。地面覆蓋塑膠布除可抑制雜草生長、減少水分蒸發外，亦可減少蚜蟲及薊馬的棲息，防止薊馬、潛蠅、夜蛾之老熟幼蟲掉入土中化蛹，常見於蔬菜及花卉栽培，如胡瓜田覆蓋塑膠布、草莓園覆蓋塑膠布可忌避薊馬棲息(圖 4)(王, 1998)。地面草生栽培則較常見於果園，雜草是許多害蟲的中間寄主或棲息、越冬場所(朱等, 1984；秦等, 2004)，如文旦園內的象鼻蟲屬雜食性，也會取食果樹下的雜草咸豐草(石等, 2006)(圖 5)，適度防除田園及周遭雜草，可直接減少其與作物之養分競爭，亦可

同時減少害蟲棲所。施用殺草劑是防治雜草的方法之一，但在水源地會有污染水源的問題，在山坡地則因無雜草、地表無植被，導致水土加速流失，若能慎選植被種類，選擇低矮覆蓋性、匍匐性較佳之草類加以繁殖，且避開果樹根系分佈範圍植草，避免養分競爭，將可防治其他雜草生長，亦可減少水分、土壤及肥料的流失(袁＆蔣, 2000)，如梨園地面覆蓋菁芳草。而且許多害蟲都對黃色有偏好性，易受其吸引，果園內施用殺草劑致雜草乾黃，或完全無雜草僅見表土裸露時，更易吸引害蟲駐足，加劇害蟲危害，如柑橘園內施用殺草劑，地表佈滿枯黃雜草(圖 6)，會吸引偏好黃色的柑橘木蝨駐足，甚至因而傳播立枯病、黃龍病(黃等, 1990) 。木瓜園內施用殺草劑，地表佈滿枯黃雜草，會吸引蚜蟲駐足，甚至因而傳播毒素病。扁蝸牛在葡萄園多將卵產於葡萄根圈附近或雜草根際，若清理雜草且堆肥於葡萄根際，可抑制扁蝸牛生存、產卵(章, 1988,1989)。

圖 5. 象鼻蟲取食文旦園內雜草咸豐草。

圖 6. 柑橘園施用殺草劑地表枯黃易吸引木蝨。

六、田間水分管理

田間持續灌水有利於害蟲的發生，間隔排水、乾燥則可減少害蟲的侵入與棲息。如讓水稻直播田幼苗期土壤自然乾燥至稍成龜裂，再間歇淺灌一公分，葉蟬類與飛蝨類的入侵量顯著減少，二化螟與瘤野螟之密度與危害亦明顯降低(余＆吳, 2004；鄭, 2004)。種植前土壤先行浸水可撲殺土壤害蟲，有效降低其密度，如水稻田、蔥田浸水可撲殺土壤害蟲(圖 7)。毛豆種植前，田土先浸水二～三天，殺死地下害蟲(吳

＆連, 2004)，再施基肥、鬆土、播種；蔬菜田在種植前淹水一日以上可撲滅前期殘株上之成蟲、若蟲及卵(陳等, 2003)，但蔥、韭、蒜田上有根蟎危害情況，土壤灌水時則要特別留意隔區灌水，且水不可外流，以免助其擴散(陳等, 2003)。瓜園連作時，二期作種植前可全園浸水一天，窒息薊馬、夜蛾、班潛蠅及瓜實蠅之幼蟲或蛹。種植十字花科蔬菜時，可於種植前整地、浸水一天，再重新整地一次，可抑制黃條葉蚤繁衍。簡易設施蔬菜、瓜果則可以灌水代替澆灌降低土壤害蟲數量。蔬菜育苗場、茶園、果園可裝設噴水設施，提高濕度以減少蟎類生長(圖8)。蔬菜種植前及連作時，要充分翻土、曝曬或覆蓋塑膠布，利用日光增高土溫以殺死蟎類。

圖 7. 宜蘭蔥田灌水可撲殺土壤害蟲。

圖 8. 茶園自動澆水系統。

七、肥培管理

肥料之種類及應用常會影響害蟲之發生狀況，氮肥過多，作物結構鬆散，趨於柔軟，易致害蟲危害(章, 2001)。水稻多施氮肥，會降低水稻莖桿強度，二化螟較易蛀入莖桿中，少施氮肥、多施磷鉀肥或矽肥，則使莖桿硬度變大，二化螟危害不易(陳&劉, 1994)。另褐飛蝨、縱捲葉蟲及浮塵子類的危害，亦會隨水稻氮肥過多而嚴重發生。豆科、葫蘆科、果樹氮肥施用過量，摘心剪枝不徹底，枝葉過於茂盛，通風不良，會導致小型害蟲如銀葉粉蝨、蚜蟲、螺旋粉蝨、介殼蟲、梨木蝨及檬果葉蟬之嚴重危害，引起煤煙病(圖 9)，進而導致落葉、落果。

八、設施栽培

設施有溫室、網室、及隧道式栽培。溫室及網室栽培可隔絕大型害蟲如果實蠅的侵入，如網室栽培印度棗(圖 10)，但因網室的保護、通風不良、溫度較高反而會加速小型害蟲如蟎類、薊馬的發生速度(王等, 1993)，所以更要特別注意設施內外的田間衛生，種植前淹水數日，並以溝灌淹水代替噴灌，窒息土棲害蟲。如以三十二網目防紫外線網搭建網室，可讓空氣流通亦可徹底阻隔木瓜輪點病傳播媒介蚜蟲的侵入，網室內的木瓜幾乎完全不再罹患木瓜輪點病，網室搭建成本每公頃約二十五萬元，產量約四十公噸，收益可達五十萬元以上(林等, 2004)，但要隨時留意網罩及出入口的完整、密和性，若有破損要及時修補。洋香瓜隧道式栽培，因隧道式塑膠布的覆蓋，可提高畦面溫度再加上塑膠布的反光特性，可減輕薊馬、蚜蟲、斑潛蠅、葉蟎等害蟲的發生 (圖 11)。

九、果實套袋

果實套袋除可提升果實品質外，亦可保護果實減少害蟲危害，但較耗費人力，常用於高經濟價值果樹上，有些作物整個果實成熟過程甚至需要套袋兩次，如梨果幼果期套小袋(圖 12)，中果期改套大袋(圖 13)，以紙袋套袋者有梨、桃、甜柿、葡萄、枇杷、蓮霧、楊桃、芒果，番石榴則以寶麗龍網外罩塑膠袋(圖 14)。套袋時機不宜太遲，以免失去套袋意義，套袋前需先全園徹底施藥一次，待藥液乾後再套袋，封口時需將鉛線緊貼果梗確實封好，以避免雨水滲入及害蟲侵入。

圖 9. 梨木蝨嚴重危害並分泌蜜露引發煤煙病。

圖 10. 網室栽培印度棗。

圖 11. 隧道式栽培洋香瓜。

圖 12. 梨幼果期套小袋。

圖 13. 梨中果期改套大袋。

圖 14. 番石榴套袋。

十、寶特瓶法

寶特瓶法是專為防治葡萄園扁蝸牛所研發的方法，主要是利用扁蝸牛向上爬的趨性及遇阻礙、無食物即休眠的生物特性。將寶特瓶的頸部及底面剪掉，再縱向一刀剖開寶特瓶，然後將剖開的寶特瓶套住葡萄莖幹，瓶頸大小可配合葡萄莖幹粗細略加修剪至完全密合，套上後再以釘書針釘上寶特瓶縱開口處下端，若瓶口太鬆可以膠布黏合(圖15)。因瓶口與莖幹密合，扁蝸牛沿莖幹往上爬至頂端時，即停在此處進行休眠，再經日光照射即陸續死亡，防治率達 94.8%，其餘能越過此障礙的扁蝸牛，數量已大幅減少，不致造成危害。加以扁蝸牛係雌雄同體，但須異體受精，總數量減少，也降低其受精、產卵機率，且幼蝸牛雌成熟需兩個月，而葡萄採收後，會修枝去葉，使植株休眠，樹上無葉可食，致使保特瓶防治葡萄上扁蝸牛的效果良好(章,

1988,1989)。近來此法也被應用在文心蘭栽培上，但效果不如預期良好(鍾, 2006)。因文心蘭多以露天網室、鋞管支柱花床栽培，支柱直接立於泥土，土壤中的扁蝸牛往上攀爬危害，源源不絕，雖然防治率有94.8%，但少數越過保特瓶的扁蝸牛，因文心蘭為多年生栽培，食物不虞匱乏，而可順利生長、繁殖，直至老株移除，更換新的盆苗，才有可能完全清除，所以防治文心蘭上的扁蝸牛應輔以其他防治方法，如藥劑防治。

十一、樹幹覆蓋塑膠布塗油法

近年來台灣三月始灰象鼻蟲嚴重危害文旦、茂谷柑等柑橘類果園，此象鼻蟲的成蟲取食葉部及啃嚙幼果，致使果實生長不良，甚至留下咬痕、疤痕，隨著果實長大而擴大疤痕面積，降低商品價值，嚴重危害時甚至導致幼果期的落果(石等, 2006)。因其不具飛行能力，可在每年三月初，第一批成蟲出現前，在樹幹基部覆上一圈塑膠布，以膠帶固定黏好，再塗上油脂，如牛油、潤滑油等(圖 16)，阻絕減少象鼻蟲往上攀爬，降低其危害程度。

圖 15. 寶特瓶包覆葡萄莖幹防治扁蝸牛。

圖 16. 文旦樹幹覆蓋塑膠布塗油防治象鼻蟲。

結語

綜合上述，農民在進行作物栽培管理時，若能隨時留意田間衛生管理，並視栽培對象善用不同耕作技術，如輪作、間作、施用適當綠肥、運用地面覆蓋、管理田土水分、肥料，使用設施栽培及物理阻隔害蟲危害，將可大幅降低殺蟲劑的施用成本，減少對農民、消費者健康及自然環境的衝擊，邁向安全農業的目標。

參考文獻

王文哲。1998。蟲害之發生與防治。玫瑰病蟲害栽培及管理 15-31。台中。

王雪香、柯忠德、陳文雄。1993。簡易設施蔬菜害蟲防治。蔬菜保護研討會專刊 209-219。台中。

石憲宗、李啟陽、張淑貞、吳文哲。2006 台灣三月始灰象(*Sympiezomias cribricollis* Kono)(鞘翅目：象鼻蟲科)之鑑定、生態與防治方法之初步研究。台灣昆蟲 26: 203-215。

朱耀沂、楊平世、石正人。1984。冬季水稻休耕田中褐飛蝨族群密度之調查。植保會刊 27: 117-134。

何火樹、劉達修。1970。台中地區水稻二化螟蟲之生態研究。臺灣農業 7(4): 77-84。

余志儒、吳德忠。2004。水稻主要害蟲及其防治要領。水稻健康管理研討會 103-117。

吳昭慧、連大進。2004。毛豆外銷市場的前景與未來。永續農業 21: 11-14。

林俊義、安寶貞、張清安、羅朝村、謝廷方。2004。作物病害之非農藥防治 27 頁。

袁秋英、講慕琰。2000。雜草管理。梨綜合管理 255-261。台中。

秦思原、楊正澤、陳明義。2004。台灣中部荒廢農地昆蟲群聚與植物防疫。新世紀植物防檢疫研討會。台灣昆蟲特刊 6: 293-305。

章加寶。1988。扁蝸牛之發生及防治。台中區農業改良場研究彙報 21: 1-2。

章加寶。1989。葡萄園扁蝸牛之型態及其生活習性觀察。台中區農業改良場研究彙報 23: 21-29。

章加寶。2001。利用農業防治法來防治害蟲。苗栗區農業專訊 16: 11-13。

張淑貞、王清玲。2006。中國梨木蝨之入侵及防治。行政院農業委員會農業試驗所技術服務 66: 12-15。

陳文雄、陳昇寬、張煥英。2003。蔬菜害蟲的管理。植物保護管理永續發展研討會專刊 305-322。台中。

陳文雄、張煥英。2004。蔬菜蟲害田間管理技術。永續農業 21: 39-40。

陳啟吉、劉達修。1994。水稻莖桿特性與其對螟蟲之感受性關係研究。台中區農業改良場研究彙報 43: 1-6。

黃秋雄、廖春福、張春蕉、藍調。1990。柑橘立枯病之發生蔓延與木蝨族群消長關係之研究。植保會刊 32: 167-176。

黃毓斌、高靜華、鄭允。1998。本省果實蠅防治策略與展望。台灣果實蠅防治策略研討會 9-25。台中。

楊秀珠。2000。清園與田間衛生。梨綜合管理 161-181。台中

劉達修。1977。二化螟蟲對水稻之為害觀察。科學發展月刊 5(3): 185-188。

劉達修、劉添丁。2000。蟲害管理。梨綜合管理 243-253。台中。

鄭清煥。2004。台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊。農業試驗所特刊　106: 11-38。

鍾玉龍。2006。常見扁蝸牛阻絕方法應用於文心蘭栽培效果之評估。農業世界 273: 76-79。

作物栽培環境與害蟲發生及防治之關係

吳子淦

臺灣地區的氣候，夏季溫度偏高，豪雨和颱風發生頻繁，作物時常遭受強風吹襲與大水浸泡。冬季又時常有寒流發生，氣溫急遽偏低。露天的農業生產環境極不穩定，嚴重影響作物生長及降低農產品品質。因此，許多國內農業相關單位或個人都致力於發展設施栽培，主要目的是想藉由控制環境因子，來進行優質的農業生產。農業生產環境就包含了露天與設施兩種作物栽培模式。

設施構造與蟲害的發生

臺灣地區常用的設施，由建材結構的差異，可分為永久性、半永久性及簡易式三種(馮 & 連, 1991)。由於設施的設計並不是以防治病蟲害為主要的著眼點，防止病蟲害造成損失，只是設施的功能之一。因此由蟲害防治的觀點來看設施，恰好也是三種。

一、可以有效阻絕大部份害蟲入侵的設施，以玻璃溫室為主，密閉性良好，多屬永久性的構造。由於造價昂貴，多為農業試驗相關單位，以及專業的園藝業者採用。這一類型的設施發生蟲害的原因，大都是結構設計不良，施工不嚴謹，或者是使用不佳的材質，以致於產生被疏忽的漏洞，使害蟲得以侵入。另一個重要的原因，是人員物品進出時不小心的攜帶，或者是移入帶有害蟲的植株。發生在此類設施中的害蟲，多數是體型小的昆蟲及蟎類。

二、小型害蟲可以自由進出的半永久性設施。多以鍍鋅鐵管加工成型，或是以鋼材作為骨架，頂部以 PE、PVC 透光塑膠布，或是仍然使用防蟲網覆蓋。四周以不同規格孔徑的防蟲網圍住，甚至還在防蟲網外另加塑膠布。完全依天候陰晴、設施的溫度變化，以及栽培的作物種類，選用合適的覆蓋材質。防蟲網可以阻隔大型害蟲，但是對小體型的害蟲，功效就不大。例如薊馬與粉蝨，可以輕易的鑽入 16 目或 24 目防蟲網所構成的設施內。一些大型害蟲的初齡幼蟲，也會因氣流或其它因素，飄落在設施周圍或防蟲網上，隨即尋隙侵入。因此在此種設施內，也常常發現一些較大型的害蟲，如毒蛾或夜盜蟲。

三、簡易式的設施，幾乎與露天環境完全相通，害蟲種類也是相同。各種體型的害蟲幾乎不會受到限制，都可以自由進出。設施的目地僅止於防止不良天候對作物造成損害。例如簡易隧道式的設施，只用細鐵柱或竹枝撐住 PE 布或黑網，形成隧道式的構造，護住植株。白天溫度較高，背風面還會被掀開一部份，來排除附著在上層塑膠布的水氣。由於結構簡單，成本低廉，普遍為農友採用，種植瓜類及蔬菜等短期作物。對於害蟲而言，在設施的保護下，免受風雨侵襲，更能發揮昆蟲生活週期短，繁殖潛能大的生物特性，短時間內繁衍出大量的後代，為害作物。

露天與設施栽培的害蟲管理

作物在露天的環境下栽培與在設施內栽培，所遭遇到的害蟲種類差異不大。只是大型害蟲不容易侵入設施，導致設施內發生較為頻繁的害蟲，多數是體型小的種類，如蚜蟲，薊馬，粉蝨，葉蟎，細蟎，斑潛蠅，小菜蛾，黃條葉蚤等。

害蟲的管理，必須依據害蟲對作物的威脅情況，擬定不同的防治對策。一般可以區分為四種情形來處理。(一)必須徹底隔離的害蟲，(二)立即影響植株生長的害蟲，(三)一般性為害植株的害蟲，以及(四)作物區外圍的潛在害蟲。

一、必須徹底隔離的害蟲。

會造成重大損失的害蟲，必須徹底隔離，嚴防其侵入作物區。例如：傳播木瓜輪點病毒病的蚜蟲，一但侵入木瓜網室內，往往造成大量的植株病變，果實失去商品價值，毫無挽救的機會。瓜實蠅(*Dacus cucurbitae* Coquillett)將卵產在瓜實內，孵化的幼蟲取食瓜肉，造成瓜實腐爛發臭。被瓜實蠅叮過的果實，不會有商品價值。在作物區內發現這一類害蟲時，還是以化學防治為主要手段，迅速撲滅，防止危害擴大，以保持產品的品質。

採行區域性共同防治，降低區域內的害蟲密度，是預防這類型害蟲侵入作物區的最佳策略。區域防治是以管理大面積內的害蟲族群為著眼點，協同各種防治方法，將區內害蟲維持在低密度的狀態，甚至於是被滅絕。

最明顯的例子是東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))和瓜實蠅的區域防治。採用的防治方法(劉, 2002)：大面積監測主要作物區的害蟲密度，以提示及時採取防治措施。在作物區四周懸掛含毒克蠅誘殺板或甲基丁香油誘殺板，誘殺雄蟲。每 5-7 天噴灑一次含毒蛋白質水解物，誘殺雌、雄蟲。幼果時即行套袋，保護果實。清園，摘除被害果。在作物區四周的雜草噴含毒糖水，誘殺成蟲。這些措施大幅減少果實蠅與瓜實蠅的疫情。

二、立即影響植株生長的害蟲。

能快速影響植株生長的害蟲，如薊馬和細蟎，在害蟲發生初期，就應該立即防治。薊馬體長 1mm，細蟎更小，只有 0.5mm。一般常用的 16 目、24 目甚至 32 目的防蟲網，都無法有效阻絕。又都藏身在植株的莖頂心葉，以及腋芽處，不容易被發現。在短期間內就可以繁衍出大量個體，對寄主植物的生長點造成嚴重的機械性傷害，部份害蟲更會媒介病毒病。被害植株的新芽發育不良，葉片枯萎，花苞黃化掉落，或是形成畸型果。已經顯現出異狀的植株，縱使立即清除害蟲，也很難回復生長勢。因而需要有簡單、快速的監測工具，來警示這些害蟲的發生，作為啟動防治工作的依據。

有色的黏紙是很理想的監測工具(Stiener *et al*., 1999)。黏紙的色度或是亮度會影響誘蟲效果。南黃薊馬(*Thrips palmi* (Karny))、台灣花薊馬(*Frankiliniella intonsa* (Trybom))偏好藍色，全面施放藍色黏紙，可以預測田間薊馬的發生(陳等, 2003)。以黃色黏紙誘集玉米薊馬(*Frankliniella williamsi* Hood)，誘得的數量比直接從超甜玉米幼苗上採集到的高，因此黃色黏紙可以做為偵測玉米薊馬族群消長的工具(曾&吳, 1994)。黃色黏紙也可以誘殺黃條葉蚤(*Phyllotreta striolata* (Fabricius))、斑潛蠅(*Liriomyza* spp.)、小菜蛾(*Plutella xylostella* (Linnaeus))、斜紋夜蛾(*Spodoptera litura* (Fabricius))。有色黏紙具有偵測害蟲種類、相對數量以及防治害蟲的功能。黃色黏紙對銀葉粉蝨和它的寄生性天敵 *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich 都有很強的吸引力，因而也可以用來監測天敵的密度(Hoelmer *et al*., 1998)。

費洛蒙也是理想的監測工具。在已知的 610 種昆蟲費洛蒙當中，有 193 種用在調查及偵測法，12 種用在大量誘殺法，3 種用在干擾法(黃,

1997)。斜紋夜蛾，甜菜夜蛾，都可被性費洛蒙誘蟲器誘引。在蟲害發生早期，族群密度較低時，以性費洛蒙誘蟲器作為蟲害發生的偵測工具，成效較佳(黃, 1997)。目視檢查被害葉片或果實，也是簡便的偵測方法。

一但發現有害蟲存在時，就應及時進行防治工作，包括採行化學與生物防治方法。一些小型害蟲，如葉蟎、細蟎、粉蝨以及潛蠅等，完成一個世代只需要數天，短時間內就可以增殖出大量後代。若是單純的使用藥劑防治，很快的就會有抗藥性的害蟲族群出現。其次，這些害蟲身軀細小，容易隱藏在植株心葉或是葉片的隱密處，不會被農藥直接毒殺。倖存的害蟲，可能被誘發出更強的繁殖潛能，害蟲數目迅速增多，形成再猖獗現象。利用農藥與天敵配合控制這類害蟲，是比較理想的方法。

三、一般性為害植株的害蟲。

這類型的害蟲不會快速、大面積的傳播毀滅性的病害，為害部位也不特定在植株的生長點。有些害蟲雖然也媒介病害，但是發病率和蟲數多寡有關係。因而低密度的害蟲，對植株的影響並不明顯。典型的例子是葉蟎。這類型的害蟲最適合採行生物防治。當害蟲族群還處於低密度時，是釋放天敵的理想時機。

釋放智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot))，和法拉斯捕植蟎(*Amblyseius fallacies* (Garman))，以及基徵草蛉(*Mallada basalis* (Walker))，都能有效的防治網室內木瓜及印度棗上的葉蟎(郝, 2002)。以艷小蜂(*Encarsia formosa* Gahan)，搭配槳角蚜小蜂屬的寄生蜂，*Eretmocerus eremicus* 或者是 *E. mundus*，可以有效的防治銀葉粉蝨(van Lenteren, 2000)。釋放捕食性的瓢蟲 *Delphastus pusillus* (LeConte)，配合艷小蜂，或是恩蚜小蜂屬的寄生蜂 *Encarsia pergandiella* Howard，也可以抑制銀葉粉蝨的發生(van Lenteren, 2000)。

茶細蟎為害甜椒嫩梢造成植株葉片捲曲、縮小，嫩莖節間無法伸長，是必須儘早防治的害蟎。有報告指出，釋放捕植蟎 *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans)的防治效果，比使用硫磺製劑的好(Weintraub *et al*., 2003)。採用增補式的釋放另一種捕植蟎 *N. barkeri*，每主莖釋放 5

隻成蟎，每星期釋放一次，連續三次，也可以有效的抑制茶細蟎 (Fan & Peititt, 1994)。

容易影響作物生長的害蟲，如薊馬和細蟎，或是族群增長速度很快的害蟲，如蚜蟲，更要儘早釋放天敵防治。甚至於要在還沒有發現害蟲之前，就先提供天敵合適的棲息場所，事先建立起天敵族群(van Lenteren, 2000)。許多作物的花都能吸引天敵。花粉與花蜜提供天敵活動與繁殖所需要的營養。將已開花的蓖麻(*Ricinus communis* Linnaeus)盆栽，擺放在種植甜椒的溫室及育苗室內，可以在作物尚未開花的時期，預先建立起捕植蟎 *Amblyseius degenerans* (Berlese)的族群，防治隨後可能發生的薊馬(Ramakers & Voet, 1994)。擺放開花的玉米植株，可以吸引食蚜虻成蟲前來取食，並將卵產在遭蚜蟲為害的植株上。孵化的食蚜虻幼蟲將會取食蚜蟲。

四、作物區外圍的潛在害蟲。

作物區周邊的雜草，是一些重要害蟲的主要棲所。例如，龍癸(*Solanum nigrum* Linnaeus)是葉蟎、蚜蟲及細蟎常見的寄主。刺莧(*Amaranthus spinosus* Linnaeus)及野莧(*A. viridis* Linnaeus)是玉米薊馬的主要雜草棲所(曾&吳, 1994)。藜(*Chenopodium album* Linnaeus)及馬齒莧(*Portulaca oleracea* Linnaeus)是甜菜夜蛾的野生寄主雜草。瓜實蠅常停留在玉米殘株上，吸食莖部流出的汁液。雜食性害蟲能在不同種的植物間遊移，持續成為入侵作物區的蟲源。雜草的管理方法不止一種，包含剷除，噴灑藥劑等。妥善管理作物區外圍害蟲的植物寄主，可以減少害蟲蟲源。

移植到新設施或作物區栽種的小苗，也必須先做除蟲處理，以保證移植的小苗沒有夾藏害蟲。如甜椒、番茄及瓜類小苗的新稍嫩葉，容易有茶細蟎、葉蟎和薊馬等小體型的害蟲隱藏，必需先經過處理，確保不帶害蟲害蟎，才能移入。

結語

農作物無論種植於田間或設施內，都會面臨病蟲害的問題。栽培初期就應該對可能發生的蟲害問題有所了解，並依害蟲的危害特性採

行不同的防治對策。整體而言，防治害蟲的工作重點是早期偵測與正確防治。

參考文獻

郝秀花。2002。捕植蟎及草蛉在網室栽培果樹蟲害防治上之應用。台灣昆蟲特刊 3:49-58。

陳文雄、陳昇寬、張煥英。2003。蔬菜害蟲的管理　p. 305-322　植物保護管理永續發展研討會專刊　中華植物保護學會特刊新五號。

馮丁樹、連錦昆。1991。環境控制。農業自動化歐洲考察團考察報告。18-19 頁。

曾清田、吳炎融。1994。超甜玉米幼期薊馬類生態與藥劑防治。台南區農業改良場研究彙報 31:47-59。

黃振聲　1997　昆蟲性費洛蒙之利用及展望　p.121-134　植物防疫研討會專刊　中華植物保護學會特刊新三號。

劉玉章。2002。台灣東方果實蠅及瓜實蠅之研究及防治回顧　p.1-40　昆蟲生態與瓜果實蠅研究研討會專刊。中華植物保護學會特刊新四號。

Fan, Y., and F. L. Petitt. 1994. Biological control of broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), by *Neoseiulus barkeri* Hughes on pepper. Biological Control. 4:390-395.

Hoelmer, K. A., W. J. Roltsch, C. C. Chu and T. J. Henneberry. 1998. Selectivity of whitefly traps in cotton for *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae), a native parasitoid of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 27(4): 1039-1044.

van Lenteren, J. C. 2000. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy? Crop Protection 19:375-384.

Ramakers, P. M. J., and S. J. P. Voet. 1996. Introduction of Amblyseius degenerans for thrips control in sweet peppers with potted castor beans as banker plants. In: van Lenteren, J. C. (ed.),　Proceedings of the IOBC/WPRS working group on integrated control in Glasshouses. IOBC/WPRS Bull. 19(1):127-130.

Steiner, M. Y., L. J. Sphor, I. Barchia, and S. Goodwin. 1999. Rapid estimation of numbers of whiteflies (Hemiptera: Aleurodidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae) on sticky traps. Aust. J. Entomol. 38:367-372.

Weintraub, P. G., S. Kelitman, R. Mori, N. Shapira, and E. Palevsky. 2003. Control of the broad mite (Polyphagotarsonemus latus (Banks)) on organic greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* L.) with the predatory mite, *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans). Biological Control 27:300-309.

倉庫害蟲之非農藥防治

姚美吉　李啟陽

稻米是國人主食，在儲藏階段因蟲害、鼠害等有害生物所造成損失，約佔儲藏量 1.5～5% (梁等, 1954; 謝等, 1978, 1980)，預估超過數億元。不只造成損失，更影響儲穀品質。以往防治主要偏重於藥劑防治，除造成害蟲對藥劑產生抗藥性外，更產生環境污染及人畜健康等衍生問題。因此針對倉庫儲藏之稻穀、雜糧或小包裝米之害蟲防治，使用非農藥防治技術是最佳選擇，不只可避免藥劑影響儲穀，更可延續田間有機生產技術，使最後產品能成為消費者安心食用的最佳食品。本文將針對在倉庫害蟲防治上，已在台灣倉庫被使用之非農藥防治技術，進行討論及評估，希望能成為倉庫管理者或防治人員在害蟲防治上之參考依據。

非農藥防治方法主要可歸類為物理防治及生物防治，其特色是非常環保，不會造成藥劑殘留問題，對人畜安全亦無顧慮。現針對倉庫中已經廣為應用之防治技術，簡述如下：

低溫防治技術

所有倉庫害蟲對溫度之反應，都有一個共同特性，當溫度愈低，他們生長發育時間就愈長，尤其以米象受溫度影響最顯著，據 Cotton(1950)報告指出，在 27.2℃時米象每世代需 25 天，在 17℃時需 92 天，在 13℃時成蟲幾乎呈現不活動狀態。而產卵數上，亦受溫度極大影響，在 25、21、17℃三種不同溫度下的產卵數分別為 268、100、43 個，如溫度降低到 9.5℃時，則停止產卵。

因此利用溫度對害蟲生理之抑制作用，應用在儲穀之害蟲防治上有極佳效果。如儲穀階段，以低溫圓筒倉(圖 1)儲藏，其倉內溫度最低可達 15℃，雖溫度會受外界溫度影響而逐漸升高，但一般溫度都控制在 18℃左右。經調查低溫圓筒倉之稻穀經六個月儲存後，其發生蟲數約僅太空包裝或袋裝儲藏環境之四分之一而已。

銷售階段的小包裝米(圖 2)，其環境溫度亦會影響害蟲之發生，調查在有空調的超市內儲存及放置於室溫之小包裝米，比較其害蟲發生狀況，結果顯示以米象發生最嚴重(圖 3)，在室溫環境下糙米袋內的溫度約較空調超市高出 3℃，相對濕度亦上升約 10%，在室溫下經三個月儲藏每公斤糙米中含 126 隻米象，而空調超市內則僅為 16 隻，米象發生數竟有 8 倍之差距(姚＆羅, 2001)。顯示在溫控環境下，不僅可減少蟲數，更可延緩米象的發生。若是將小包裝米置於 10℃之低溫冰箱，其防治效果更明顯，害蟲發生幾乎接近於零(姚等, 2003)。顯示低溫的儲藏環境，對降低害蟲的繁殖有明顯抑制效果。但利用低溫防治，必須投資設備外，且電費的開支，都將增加其防治成本，此法在推廣上，較適合於高單價之良質米。

脫氧劑防治技術

脫氧劑防治技術乃是應用鐵粉吸收氧氣的原理，利用含有鐵粉的脫氧劑添加於低透氣包裝的小包裝米中(圖 4)，以殺死原包埋於袋中之害蟲，達到防治效果。利用此技術，於小包裝米中進行對米象之防治測試，結果顯示添加後經 14 天後，其成蟲均完全死亡，對卵、幼蟲及蛹期亦可達 90%以上死亡率。經與產學合作配合廠商，進行商業銷售後，實際評估退貨率發現以低透氣包裝材質配合脫氧劑，其退貨率明顯降至 0.5%以下，且退貨包中無破損時均無害蟲發生。利用本技術應用於二公斤包裝之小包裝米，僅增加成本約 0.5 元(姚等, 2004)。因此脫氧劑之應用將是未來小包裝米防蟲極佳的新技術，且因脫氧劑是無毒無害，對環境之影響亦少，對訴求高品質良質米的害蟲防治問題上，是值得推廣的物理防治方法。

圖 1. 低溫圓筒倉。

圖 2. 超市的各式小包裝米。

燈光誘引防治技術

燈光誘引防治技術主要利用特殊波長的燈光再配合風扇及捕蟲網(圖 5)，以達到誘殺效果。實際於穀倉及蒜頭倉應用，結果顯示對穀倉中穀蠹、長首穀盜、角胸粉扁蟲有極佳誘殺效果，對蒜頭倉之煙甲蟲、米露尾蟲亦有極佳誘殺效果。在碾米倉誘殺粉斑螟蛾效果亦非常理想。利用此技術在兩週調查中最高可捕殺達 37 萬隻害蟲以上，是值得推廣的非農藥防治技術(姚等, 2005)。

圖 3. 小包裝米常見之米蟲(米象)。

圖 4. 脫氧劑防治技術。

圖 5. 燈光誘殺技術。

矽藻土防治技術

矽藻土防治技術主要利用矽藻土中含有高成分之二氧化矽，可吸著 4 倍重量之水，具有剝蝕和吸收作用，能使昆蟲在附著有粉劑之種子上爬行時，產生乾燥作用並使體表與粉膜摩擦導致機械傷害而死亡，因此利用此防治技術於穀倉害蟲防治(姚＆羅, 1999)。結果顯示 0.5% 商品化矽藻土與稻穀混拌後可防治穀蠹及麥蛾達 6 個月，與糙米混拌後防治米象類亦可達 3 個月，並可有效抑制害蟲繁殖及降低穀物損失量(姚＆羅, 2001)。因矽藻土防治積穀害蟲具無殘毒、效果好等特色，且商品化矽藻土價格低，在未來積穀及小包裝米害蟲防治上有實際應用價值。

游離輻射防治技術

游離輻射防治技術主要利用輻射線照射害蟲，導致細胞內染色體核酸損壞而喪失分裂能力，害蟲因而死亡。胡燦等人曾針對此技術對倉庫害蟲之防治進行一系列研究，結果顯示照射量在 1.5kGy 時即可殺死各種倉庫害蟲，而對儲物如稻穀、豆類等不會造成損害，此劑量也遠低於國際原子能總署之安全標準 10kGy。而伽馬(γ)射線具有穿透性強之特點，能穿透包裝而殺死儲物中之害蟲，只要其包裝能防止害蟲再侵入，則可徹底防治倉庫害蟲再發生(胡等, 1992)。

其他非農藥防治技術

其他非農藥防治技術尚有填充氣體防治法，藉由填充 CO_2 或 N_2，使害蟲無法生存(彭, 2003)。費洛蒙誘殺技術，藉由專一或非專一的費洛蒙，可針對標的害蟲進行誘殺。黃色黏板誘殺法，藉由黃色對害蟲誘引效果，可防治部分害蟲發生。天敵防治法，藉由捕食性或寄生性昆蟲、蟎類或蜘蛛，控制害蟲族群發展。這些防治技術均有開發潛能，但因尚未普遍應用，無法瞭解實際防治效果，因此本文僅能概要論述。

非農藥防治技術之應用

害蟲防治效果好壞，除了防治方法優劣外，「人為」管理更為重要。倉儲管理人員對儲倉防治技術了解及用心規劃，將直接影響害蟲防治

成效。因此建立倉庫標準防蟲作業流程是倉庫管理上首要之務，亦屬非農藥防治範疇。確實做好基本防治流程後，再選擇適合防治方法，才能相得益彰(徐＆謝, 1981; 姚, 2005)。

倉庫標準防蟲作業流程架構及注意事項，主要以倉庫儲藏最大宗之稻穀為範本。其整個管理流程，可區分為稻穀進倉前、進倉後、碾米階段三個主要階段，建立檢驗表格，猶如田間日誌，其需要注意事項，簡述如下：

一、稻穀進倉前之檢驗處理要項

1. 運輸工具害蟲檢驗：穀物在運輸過程中，若運輸工具(如穀物輸送帶、卡車、火車等)已有害蟲生存，將藉由運輸時侵入。因此由人為檢查及清掃可阻絕害蟲之外侵。
2. 進倉前倉庫滅蟲：空倉環境滅蟲，是新穀入倉前必要防治動作。因儲倉常提供害蟲潛伏空間，如倉庫內壁、角落、樑柱、木板等縫隙間，經常有害蟲存在，待新穀入倉後繼續繁殖危害。此階段除清除雜物外，藉由燈光誘殺或費洛蒙誘殺均可降低環境內害蟲發生。
3. 裝填袋子或棧板等用具害蟲檢驗：穀物在裝袋時，使用未經處理的舊袋子，其中殘留害蟲又可持續危害。倉底預先舖設穀殼、使用過之棧板或太空包，均是提供害蟲暫棲之所，若未經除蟲處理，再使用時害蟲即容易侵入危害(姚等, 1998)。
4. 相臨倉庫害蟲處理：預備儲藏倉庫附近相臨倉庫，若有儲藏其他稻穀時，必須先防治已發生害蟲，以免造成新穀受舊穀害蟲污染。
5. 進倉害蟲檢驗：若預備儲藏之稻穀，並非新穀，則需要先檢驗其害蟲狀況，若已發生蟲害，需先進行害蟲防治後才可進倉。

二、稻穀進倉後之檢驗處理要項

1. 避免混倉儲存：不論任何穀倉形式，稻穀或糙米儲放，盡量避免不同期別混合堆放，如存放二年之舊穀與剛進倉新穀一起堆放，則新穀必然易受污染危害。

2. 定期溫濕度監控：一般穀物含水量愈高，愈適合害蟲繁殖，蟲害問題愈嚴重，濕度過高時常造成腐食酪蟎及茶蛀蟲大量危害。因此倉庫最好有抽風設備，降低穀物含水量，將有助於穀物儲存。倉庫溫度控制在 18℃，且濕度控制在相對濕度 70% 以下，將能有效抑制害蟲之發生，但必須隨時監控其溫度變化，才能達到預期效果。

3. 定期害蟲監測：當稻穀進倉儲放後，除應定期檢查倉內穀溫、穀物含水量及米質外，定期害蟲監測更是重要。不只提供管理人員決定防治時機外，更由害蟲發生種類的變化，可了解對本土倉庫的影響程度，以提供未來進口稻穀的修正方向。

三、碾製環境之檢驗處理要項

1. 加工機械內部死角清理：加工機械內部隱藏許多死角，因一般不容易察覺，而常被忽略其對產品影響。其實在一般檢測中，機械內部常隱藏外米偽步行蟲及大穀盜等害蟲。

2. 加工機械外部環境清理：當稻穀進倉儲放後，經由加工流程製成小包裝米等成品，在碾製過程常有許多流程，會產生副產品或碎米等，且極容易遺留米粒在地面上，而造成害蟲繁殖或隱藏之處。常見害蟲有外米綴蛾、粉斑螟蛾等害蟲。此階段除利用人工清除雜物外，再藉由燈光誘殺或費洛蒙誘殺，對降低害蟲發生有極佳效果。

未來的展望

倉庫害蟲主要危害之穀物，均是民生用品，如小包裝米是每一家庭三餐之必需品，但常因放久後，米蟲就跑出來打招呼而困擾消費者。而米蟲問題更困擾米商，因為夏季受蟲害問題導致退貨率比率高達 10% 以上，全年平均在 5% 以上，造成米商在產銷中極大損失，預估約有數千萬元以上。為使消費者在飲食上，有絕對安全保障，利用非農藥防治技術，將是最佳選擇。在儲藏階段，利用低溫冷藏技術，不只可保持米質新鮮度，並可明顯降低害蟲發生。在碾製階段，除人工清掃外，以燈光誘殺或費洛蒙誘殺，將可避免害蟲再度侵入。在包裝及銷售階段，以低透氣包裝配合脫氧劑可顯著降低害蟲發生。若再配合

銷售方法的改變，藉由廣告宣導等努力，將「低溫冷藏米」塑造成「鮮乳」或「御飯團」相同意識產品，誘導消費者在購米後放置於冰箱中的基本動作，則米中無米蟲將指日可待。利用溫控不只使小包裝米的價值提升，也提供新定位，將徹底解決小包裝米嚴重害蟲問題。運用這一系列非農藥防治技術，再結合田間有機米履歷管理模式，將可建立完全有機生產環境，使所有消費者能享受既安全又健康的高品質良質米。

台灣地理環境，要完全避免倉庫害蟲發生是非常困難的，要如何選擇防治方法才能達到最佳效果又顧慮到健康問題，是需要付出心力的。除了慎選防治方法外，儲倉管理者用心程度，將決定防治效果之成敗。若能在儲倉管理能依循上述倉庫標準防蟲作業流程，如 ISO 作業流程監控一般，能逐項檢驗處理，並建立流程管理，使管理人員按表操課，依照實際害蟲發生，選擇適合該儲藏環境的防治方法，要達到預期防治效果，且建立優質生產流程，將是指日可待。

參考文獻

姚美吉。2005。積穀害蟲防治手冊。農業試驗所編印。

姚美吉、羅幹成。1999。數種礦物性殺蟲劑防治積穀害蟲之效益評估。中華昆蟲 19: 365-376.

姚美吉、羅幹成。2001。防治小包裝米害蟲方法之評估。植保會刊 43: 173-187。

姚美吉、楊敏宗、羅幹成。1998。稻穀不同儲存方式對積穀害蟲族群之影響。中華農業研究 47(4): 419-429.

姚美吉、羅幹成、萬一怒。2003。碾米與銷售環境對小包裝米害蟲發生之影響。植保會刊 45: 101-116。

姚美吉、李啟陽、陳肇浩。2004。脫氧劑對米象之防治效果。植保學會論文宣讀摘要手冊 34。

姚美吉、李啟陽、路光暉、楊恩誠。2005。燈光誘引技術應用於積穀害蟲之誘殺效果。植保學會論文宣讀摘要手冊 31。

胡燦、朱耀沂、彭武康。1992。游離輻射防治儲物害蟲技術。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 115-120。

徐士蘭、謝豐國。1981。臺灣各類型倉庫之蟲害問題及防治對策。臺灣農業 17: 59-65.

梁崇仁、陳德能、林欉。1954。台灣稻穀貯藏之現狀及積穀害蟲為害損失之調查。科學農業 2: 34-41.

彭武康。2003。改變空氣組成防治儲物害蟲。農業世界雜誌 243: 9-20。

謝豐國、洪麗梅、高穗生、徐士蘭。1980。倉儲米穀蟲害損失估計。植保會刊 22: 385-395.

謝豐國。1978。倉儲害蟲之發生與防治。昆蟲生態與防治研討會講稿集。中央研究院動物研究所第三號專刊　189-201。

Cotton, R. T. 1950. Insect pests of stored grain and grain products. p. 5-44.

抗蟲基因轉殖作物之研發

林鳳琪

自古以來人們就有改造物種的願望，拜現代生物科技進步之賜，自 1983 年開始，科學家研究以農桿菌 Ti 質體作為載體，將外來的基因轉殖入植物染色體中讓植物表現新特性(Caplan *et al*., 1983)，因此，根據人類意志改變遺傳物質，而創造更高價值的動植物品種已不再是遙不可及的夢想。二十年來，運用基因轉殖技術使植物表現出新的特性，歸納分別具有增加營養成份、耐殺草劑、抗蟲、抗病、雄不捻、顏色改變、延遲老化、抗逆境等。因為能提高產量與可利用性，已經成為作物生產上的一項重大改變。

自 1994 年美國第一個基因轉改造的番茄上市，至 2004 年全球栽培基因轉殖作物的面積約 8100 萬公頃，而其中為解決栽培作物上害蟲問題而種植抗蟲基因作物約占 30%。科學家將不同的基因轉殖入作物，使作物含有抗蟲物質，在眾多研究發展中，最主要的抗蟲物質可分為：蘇力菌內毒素、凝集素、酵素抑制物、酵素等類別。

抗蟲基因轉殖植物的發展，使植物依靠自有的能力抵禦害蟲，與傳統利用殺蟲劑相較，改種抗蟲基因轉殖作物不但不必擔心農藥效果受天候之影響，反而因害蟲得以控制，故而不須施用或是減少施用殺蟲藥劑，降低生產成本，也減少附近水源或食物中以及土壤中殺蟲劑殘存的毒性，有助於自然環境生態之維護與發展。

台灣目前並無核准任何抗蟲基因轉殖作物栽種在田間，但衛生署核准多種進口的抗蟲基因轉殖食品，其中以玉米為最大宗，均為單獨轉殖 Bt 毒蛋白或同時具耐殺草劑(嘉磷賽、固殺草)基因的玉米種子，作為畜牧業用飼料所用，(http://food.doh.gov.tw/chinese/info/gmo4.htm)。因此，社會大眾在日常生活中或多或少都可能接觸基因轉殖食品。

抗蟲基因轉殖植物發展現況

農業試驗所應用動物組王清玲博士等曾在 2004 年撰文，詳細介紹全球抗蟲基因轉殖植物的發展現況，因此本文不再詳細贅述，整理簡述目前發展概況。

一、蘇力菌內毒素蛋白

在四大抗蟲物質中，首先被成功研發之植物為具蘇力菌(*Bacillus thuringiensis* Berliner, Bt) 內毒素的轉殖作物 (Hilder, 1987 ; Veack *et al*., 1987) ，這些被稱為 Bt 植物是目前唯一商業化且大量生產栽培的抗蟲基因轉殖作物，主要是防治鱗翅目或鞘翅目害蟲，尤其是 Bt 玉米及棉花為大宗，用以防治玉米穗蟲、甜菜夜蛾、玉米螟、菸草夜蛾、科羅拉多金花蟲 等(王等 2004)。用於轉殖蘇力菌毒蛋白的品系包括 *cry1*、*cry2*、*cry3* 及 *cry4* 等基因， *cry1* 對鱗翅目、*cry2* 對鱗翅目與雙翅目、*cry3* 對鞘翅目及 *cry4* 對雙翅目的昆蟲有毒效。其中以 *cry 1* 應用最普遍，又再分為多種不同品系，各品系產生不同之毒蛋白，對不同種類的鱗翅目昆蟲各具不同程度的毒性，*cry1Ab* 是其中最常應用的一種。目前許多生物科技公司積極開發殖入雙重基因，使作物同時表現兩種新特性，如 Aventis 公司研發出一種玉米，即同時殖入蘇力菌毒蛋白 *cry9C* 與抗嘉磷賽(glyphosate)殺草劑的基因，因此對歐洲玉米螟與嘉磷賽殺草劑均具抗性。孟山都(Monsanto)公司將蘇力菌毒蛋白 *cry3A* 基因及抗病毒基因同時殖入馬鈴薯，使其同時可以抗科羅拉多金花蟲與病毒病(Potato Leaf Roll Virus 或 Potato Virus Y) (Cornell University, 2004)。

台灣各大學及研究試驗單位多位研究人員也致力於開發本土的 Bt 植物轉殖或改良Bt 菌株的殺蟲效果， 例如將蘇力菌臺灣分離株 E 9-11 之 cry1 Ac 基因，以 PCR 增幅等方法，轉殖菌株成功表現出 130 kDa 蛋白質產物，(曾等, 2002) ，該轉殖菌對小菜蛾幼蟲效果較遲緩、但後續具良好的殺蟲活性。或以 PCR 的技術，對蘇力菌台灣分離株 D4-01，進行 *cry 1Ac* 型毒蛋白 基因的全長增幅，隨後接入載體 yT&A，成為質體 p1AcTA1 。並以電穿孔法送入 無質體之蘇力菌 Cry - B 中，得到轉殖的蘇力菌株 1Ac 5SB 。此一轉殖具良好的殺蟲活性， 處理擬

尺蠖(*Trichoplusia ni*) 2 齡幼蟲及小菜蛾 (*Plutella xylostella*)3 齡幼蟲，72 小時後，可達 80 ～ 90% 的致死率(陳, 2006)。此外在芥藍菜嫩葉上篩選出本土葉表生菌(*Erwinia herbicola*)中轉殖入蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*)基因 cry1Aa1 的質體，得到的轉殖株總蛋白質抽出物，在濃度為 2.5 mg/ml 下，餵食小菜蛾三齡幼蟲 72 小時後，幾乎可達到 100 % 的死亡率。使 *Erwinia herbicola* 不但具有抗火燒(fire blight)病原菌 *Erwinia amylovora* 的生長，同時具抗蟲的效果，提高 *E. herbicola* 在經濟作物保護上的利用價值(林等, 2002)

二、 凝集素(Lectins)

植物凝集素重要作用之一就是避免植物受到其他動物或昆蟲侵害，是一種植物防禦蛋白(defensive protein)或稱為殺蟲蛋白(insecticidal protein)。尤其是在豆類種子中普遍存在這種抗蟲物質，相關化學研究甚為廣泛且深入，例如菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.)種子已經分離出至少 10 種不同結構與性質之凝集素 Hamelryck *et al*., 1996)。昆蟲取食含有凝集素成份的植物後，凝集素與昆蟲腸道尤其是中腸壁之醣蛋白結合，使腸道的生理代謝作用受到抑制，無法正常吸收營養成分，腸壁的絨毛組織崩解破壞，引發病灶，導致消化道內細菌增殖，造成傷害。中毒昆蟲會出現進食停滯、攝食減少、體重無法正常增加等現象

目前研究最多的的凝集素有小麥凝集素(wheat germ agglutinin, WGA)基因及或自石蒜科(Amaryllidaceae)雪花蓮(snowdrop, *Galanthus nivalis* L.)所分離出的凝集素(Snowdrop lectin, *Galanthus nivalis* agglutinin, GNA)。在小麥凝集素殖入玉米中，可以防治歐洲玉米螟(*Ostrinia nubilabis* (Hübner))與鞘翅目金花蟲科的胡瓜斑甲蟲(*Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim)(Czapla and Lang, 1990)。雪花蓮凝集素殖入水稻、菸草、馬鈴薯及小麥等作物，對於某些鱗翅目害蟲如蛾類與同翅目害蟲如蚜蟲、飛蝨類有抑制作用(Down *et al*. 1996; Fitches *et al*., 1997; Foissac *et al*., 2000; Gatehouse *et al*., 1997; Powell *et al*., 1993; Stoger *et al*., 1999)。

中央研究院研究人員自抗蟲綠豆品系(VC6089A)分離出 VrD1 的防

禦素，含豐富的半胱胺酸的蛋白質，亦稱為 VrCRP 是目前唯一兼具抗病原菌及抗蟲害功能的防禦素(陳, 2005)。並嘗試以將 VrCRP 基因轉殖到蕃茄，培育具抗病蟲害的新品種蕃茄。

三、 酵素抑制物 (Enzyme inhibitors)

具抗蟲效果的酵素抑制物包括：蛋白酶抑制物 (Protease inhibitor)，澱粉酶抑制物(α-amylase inhibitor)，其中以蛋白酶抑制物研發應用最為普遍，如 serine 蛋白酶抑制物質的胰蛋白酶抑制物 (trypsin inhibitor)，該成分在豆類種子中尤其普遍。昆蟲消化道內原有胰蛋白酶 trypsin，作用於蛋白質，分解蛋白質成小分子生鏈(peptides)，再經 peptidase 作用，生成氨基酸類。此蛋白酶抑制物質被昆蟲食入後，蛋白酶就會失去功能，以致蛋白質無法分解，昆蟲無法吸收蛋白質營養成分。應用基因轉殖技術，使作物具有生成此抑制物的表現基因，作物即具有抗蟲性。

目前研發將翼豆(winged bean)或大豆的胰蛋白酶抑制基因轉殖入水稻，可以抗拒二化螟 (*Chilo suppresalis* (Walker))(Duan *et al*., 1996; Mochizuki *et al*., 1999; Xu *et al*., 1996)及褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* Stal)幼蟲有抑制作用。大麥種子中 trypsin inhibitors 基因轉殖至小麥(*Triticum aestivum* L.)，對麥蛾(*Sitotroga cerealella* (Olivier))幼蟲的生長有抑制作用。將芥菜的 trypsin inhibitors 轉殖至菸草、芥菜(Arabidopsis)、油菜(oilseed rape)，對於小菜蛾(*Plutella xylostella* (L.))、夜盜蟲(*Mamestra brassicae* (L.))及 *Spodoptera littoralis* (Boisduval)有不同程度之毒性(De Leo *et al*., 2001)。轉殖綠豆的 trypsin inhibitors 馬鈴薯植株，使葉片含有 TI 為可溶性蛋白質約 1%的濃度，可使番茄淡紋褐翅夜蛾(*Lacanobia oleracea1* (L.))幼蟲體重減輕，各齡蟲發育時間均延緩，整體生長發育受到抑制作用。

台灣研發將台農 57 號甘藷的胰蛋白酶抑制物殖入煙草，將使斜紋夜盜蟲(*Spodoptera litura* (F.))幼蟲生長緩慢，體重與存活率均顯著降低(Yeh *et al*., 1997)。除嘗試將甘藷的抗蟲基因轉殖至十字花科蔬菜，亦將此抗蟲物質轉殖入菊花上，初步測試結果轉殖株被斜紋葉盜幼蟲取的食面積較對照小。

四、酵素(Enzymes)

此類抗蟲物質主要包括：幾丁質分解酶(Chitinase)及膽固醇氧化酶(Cholesterol oxidase)。若植物會產生幾丁質分解酶，被昆蟲取食後，對其外骨骼部分作用較輕微，主要毒害是發生於昆蟲中腸壁對圍食膜的破壞。膽固醇氧化酶則來自細菌中，其效用則是破壞昆蟲消化道細胞的細胞膜。

目前自菸草天蛾(*Manduca Sexta* (L.))體內分離出三種幾丁酶，(Zhu *et al*., 2001)，其中一種轉殖於馬鈴薯後，葉片含有該成份對於象鼻蟲(*Oryzaephilis mercator* (Fauvel)幼蟲及番茄淡紋褐眼夜蛾幼蟲(*Lacanobia oleracea* (L.))有致死效果(Wang *et al*., 1996; Gatehouse *et al*., 1997)。或者來自鏈球菌 *Streptomyces albidoflavus* 的 chitinolytic enzymes (endochitinase and chitobiosidase) 殖入番茄，可以減緩擬尺蠖(*Trichoplusia ni* (Hübner))幼蟲生長速度，使死亡率增加(Gongora *et al*., 2001)。

膽固醇氧化酶對某些棉花鱗翅目害蟲，如菸芽夜蛾(*Heliothis virescens* (F.))，美洲棉鈴蟲(*Helioverpa zea* (Boddie)), 紅鈴蟲(*Pectinophora gossypiella* (Saunders))，亦有某種程度的抑制功效(Greenplate *et al*. 1997)。

未來展望

作物抗蟲相關的轉殖技術研究頗多，除上述幾種較為顯著的抗蟲成分外，研究人員仍不斷努力篩選，尋求其他可能的化學抗蟲物質。迄今商業化大面積栽植仍侷限於蘇力菌毒蛋白的轉殖作物。由於受作物類別與栽種面積的限制、或有不利於人畜健康的疑慮、或是田間防蟲效果未達足堪應用階段等因素限制，其他蘇力菌毒蛋白以外的轉殖作物，目前尚未有商業化栽植的品種生產，但是這些藉由轉殖技術而表現不同抗蟲機制的作物，在研究人員孳孳努力下，技術與成果日新月異，未來的發展仍深具潛力。除化學抗蟲物質，根據傳統育種的理念，篩選具物理抗蟲機制的植物基因，發展基因轉植技術，改造作物

使其增加葉面葉毛密度讓害蟲無法棲息於植物上，或者增加葉毛的高度，致害蟲的口器無法刺吸危害植物，甚至對一些具傳播病毒的媒介昆蟲如粉蝨或薊馬，可以達到阻斷其傳播植物病毒的途徑，未嘗不是開發抗蟲基因轉殖植物的另一方向。

基因轉殖作物固然帶給人類農業耕作上的便利，但也可能對生態環境產生負面影響，例如抗殺草劑作物的種植，若導致某種類型殺草劑過量使用，可能減少某些野生植物的種類，如這種改變使某些昆蟲棲所與食物減少，將使這些昆蟲族群面臨生存壓力或是面臨滅絕的威脅。基於對於「改性活生物體」(Living modified organism，包括基因轉殖生物)可能對地球上生物資源有不利影響，在聯合國生物多樣性公約組織主導下，全體締約國於 2000 年決議通過「卡塔赫納生物安全議定書」，表明關切現代生物技術的迅速拓展，可能對生物多樣性產生不利的影響，約定於發展生物技術的同時，對改性活生物體的轉移、處理與使用，應採取妥善的安全措施，以確保人類健康與生物多樣性之安全。此議定書的通過，更加強國際間於風險評估時對生物多樣性影響之重視。我國在 2005 年六月公佈的「基因轉殖植物隔離田間試驗管理辦法」中，亦有關於環境安全評估的規定，對於提出評估申請、評估的程序與方法等，有原則性之規範。而基因轉殖植物即使通過評估而釋出種植，其對於環境生態系之長期影響，仍需要做持續的追蹤監控，一旦發現有不利於環境生態的情形，立即採取管制或禁止之措施，才可能使基因轉殖植物對環境產生破壞之風險降至最低。希望能在獲取現代科技所衍生利益的同時，盡量避免對環境生態造成任何負面影響，基因轉殖作物方可永續之經營。

參考文獻

王清玲、林鳳琪、林俊義。2004。抗蟲基因轉殖植物之類別與其對環境中昆蟲類之影響。植保會刊：46: 181-209。

林志輝、黃文忠、曾經洲、陳良築。2002。含蘇力菌毒素基因 cry1Aa1 之轉形葉表生菌 Erwinia herbicola 的殺蟲活性與質體留存之分析　植保會刊　44：21-36。

陳韋如、李國欽、高穗生、曾耀銘、曾經洲。 2006。台灣蘇力菌 *cry 1A c5* 殺蟲 基因選殖及表現 植保會刊 48：17- 30。

陳慶三。2005。抗蟲蛋白質。科學發展。392: 12-15。

曾經洲、高穗生、陳良築、翟建富、侯豐男。2002。蘇力菌臺灣分離株 cry1Ac 基因之選殖及表現測試　植保會刊　44：185－208。

Caplan, A., L Herrera-Estrella, D. Inze, E. van Haute, and M. van Montagu. 1983. Introduction of genetic material into plant cells *Agrobacterium tumefaciens*, plant vector, genetic engineering. Science 222: 815-821.

Cornell University. 2004. Bt-based insect resistance. Genetically Engineered Organisms. Public Issues Education. http:// www.comm.cornell.edu/gmo/traits/

Czapla, T. H., and, B. A. Lang.1990. Effect of plant lectins on the larval development of European corn borer and southern corn rootworm. J. Econ. Entomol. 83: 480-2485.

De Leo, F., M. Bonade-Bottino, L. R. Ceco, R. Gallerani, and L. Jouanin. 2001. Effects of a mustard trypsin inhibitor expressed in different plants on three lepidopteran pests. Insect Biochemistry and Molecular Biology (UK) 31: 593-602.

Down, R. E., A. M. R. Gatehouse, W. D. O. Hamilton, and J. A. Gatehouse. 1996. Snowdrop lectin inhibits development and decreases fecundity of the glasshouse potato aphid (*Aulacorthum solani*) when administered in vitro and via transgenic plants both in laboratory and glasshouse trials. J. Insect Physiol. 42: 1035-1045.

Duan, X., X. Li., Q. Xue, M. Abo-El-Saad, D. Xu, and R. Wu. 1996. Transgenic rice plants harboring an introduced potato proteinase inhibiter II gene are insect resistant. Nature Biotechnol. 14: 494-498.

Fitches, E., A. M. R. Gatehouse, and J. A. Gatehouse. 1997. Effects of snowdrop lectin (GNA) delivered via artificial diet and transgenic plants on the development of tomato moth (*Lacanobia oleracea*) larvae in laboratory and glasshouse trials. J. Insect Physiology (UK) 43: 727-739.

Foissac, X., T. L. Nguyen, P. Christou, A. M. R. Gatehouse, and J. A. Gatehouse. 2000. Resistance to green leafhopper (*Nephotettix virescens*) and brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) in transgenic rice expressing snowdrop lectin. J. Insect Physiol. 46: 573-583.

Gatehouse, A. M., G. M. Davison, C. A. Newell, A. Merryweather, W. D. O. Hamilton, E. P. J. Burgess, R. J. C. Gilbert, and J. A. Gatehouse. 1997. Transgenic potato plants with enhanced resistance to the tomato moth, *Lacanobia oleracea*: growth room trials. Molecular Breeding: New Strategies in Plant Improvement 3: 49-63.

Gongora, C. E., S. Wang, R. V. Barbehenn, and R. M. Broadway. 2001. Chitinolytic enzymes from *Streptomyces albidoflavus* expressed in tomato plants: effects on *Trichoplusia ni*. Entomol. Exp. Appl. 99: 193-204.

Greenplate, J. T., D. R. Corbin, and J. P. Purcell. 1997. Cholesterol oxidase: potent boll weevil larvicidal and oostatic agent suitable for transgenic cotton development. Proceedings (Memphis, Tenn.: National Cotton Council of America) 2: 877-880.

Hamelryck, T. W., F. Poortmans, A. Goossens, G. Angenon, M. van Montagu, L. Wyns, and R. Loris. 1996. Crystal structure of Arcelin-5, a lectin-like defense protein form *Phaseolus vulgaris*. J. Biological Chemistry 271: 32796-32802.

Hilbeck, A., W. J. Moar, M. Pusztai-Carey, A. Filippini, and F. Bigleri. 1998. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin to the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Environ. Entomol. 27: 1255-1263.

Hilder, V.A., A. M. R Gatehouse, S. E. Sheerman, R. F. Barker. and D. Boulter. 1987. A novel mechanism of insect resistance engineered into tobacco. Nature 330: 160-163.

Mochizuki, A., Y. Nishizawa, H. Onodera, Y. Tabei, S. Toki, Y. Habu, M. Ugaki, and Y. Ohashi. 1999. Transgenic rice plants expressing a trypsin inhibitor are resistant against rice stem borers, *Chilo suppressalis*. Entomol. Exp. Appl. 93: 173-178.

Powell, K. S., A. M. R. Gatehouse, V. A. Hilder, and J. A. Gatehouse. 1993. Antimetabolic effects of plant lectins and plant and fungal enzymes on the nymphal stages of two important rice pests, *Nilaparvata lugens* and *Nephotettix cinciteps*. Entomol. Exp. Appl. 66, 119-126.

Stoger, E., S. Williams. P. Christou, R. E. Down, and J. A. Gatehouse. 1999. Expression of the insecticidal lectin from snowdrop in transgenic wheat plants: effects on predation by the grain aphids *Sitobion avenae*. Molecular Breeding: New Strategies in Plant Improvement 5: 65-73.

Vaeck, M., A. Reynaerts, H Hofte, S. Jansens, M. De Beuckeleer, C. Dean, M. Zabeau, M. van Montagu, and J. Leemans. 1987. Transgenic plants protected from insect attack. Nature 328: 33-37.

Wang, X., X. Ding, B. Gopalakrishnan, T. D. Morgan, J L. ohnson, F. White, S. Muthukrishnan, and K. J. Kramer. 1996. Characterization of a 46 kDa insect chitinase from transgenic tobacco. Insect Biochem. Mol. Biol. 26: 1055-1064.

Xu, D., Q. Xue, D. McElroy, Y. Mawal, V. A. Hilder , and R.Wu. 1996. Constitutive expression of a cowpea trypsin inhibitor gene, CpTi, transgenetic rice plants confers to two major rice insect pests. Mol. Breed. 2: 167-173.

Yeh, K. W., M. I. .Lin, S. J. Tuan, Y. M. Chen, C. Y. Lin, and S. S. Kao. 1997. Sweet potato (*Ipomoea batatas*) trypsin inhibitors expressed in transgenic tobacco plants confer resistance against *Spodoptera litura*. Plant Cell Reports 16: 696-699.

Zhu, X., H. Zhang, T. Fukamizo, S. Muthukrishnan, and K. J. Kramer. 2001. Properties of *Manduca Sexta* chitinase and its C-terminal deletions. Insect Biochemistry and Molecular Biology (UK) 31: 1221-1230.

國家圖書館出版品預行編目資料

作物蟲害之非農藥防治技術 / 王清玲等著
台中縣霧峰鄉：農委會農試所, 民 96.08.
面：18.2*25.7 公分. — (行政院農業委員會農業試驗所特刊：130 號)

ISBN 978-986-01-0533-9

1.植物病蟲害　2.農作物

433.4　　96014667

作物蟲害之非農藥防治技術

發 行 人：劉大江
編　　者：王清玲、陳淑佩
作　　者：王清玲、余志儒、吳子淦、李啟陽、林鳳琪
邱一中、姚美吉、高靜華、張淑貞、陳炳輝
陳健忠、黃守宏、董耀仁、鄭　允、鄭清煥
出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所
地　　址：413 台中縣霧峰鄉萬豐村中正路 189 號
電　　話：(04)23302301
傳　　真：(04)23317600
網　　址：http://www.tari.gov.tw
出版日期：中華民國九十六年八月出版
版　　次：初版第二次印行 (中華民國九十七年十二月，1000 本)
定　　價：新台幣 200 元整
展售處：
五南文化廣場　400 台中市中山路 6 號　(04)22260330
國家書店松江門市　104 台北市松江路 209 號 1 樓　(02)25180207
國家網路書店　http://www.govbooks.com.tw
印　　刷：學安文化事業有限公司　(04)22861600
ISBN　978-986-01-0533-9
GPN　1009602089

ISBN 986-01-0533-2
9789860105339
GPN：1009602089
定價：新台幣200元